



App. Mil.
98^r

Olivier

DIE FEUERWAFFEN

UND

IHRE WIRKUNG IM GEFECHT

MIT

RÜCKSICHT AUF DEN FELDZUG 1870/71

VON

JULIUS VON OLIVIER

Artilleriehauptmann

Ritter des Militär-Max-Joseph-Ordens und des eisernen Kreuzes.

MIT 46 HOLZSCHNITTEN.

MÜNCHEN

J. Lindauer'sche Buchhandlung (Schöpping)

1871.

DIE FEUERWAFEN

LEHRBUCH FÜR DIE KUNST- UND
INDUSTRIE-SCHULEN

VON DR. FRIEDRICH
VON SIEBEL



Druckfehler.

- Seite 1 Zeile 4 von unten lies: Aushebung statt Ausdehnung.
- „ 15 „ 12 „ oben lies: Formel $\frac{9,81 \psi}{G}$ statt $\frac{0,81 \psi}{G}$.
- „ 32 „ 2 „ unten, Anfang der Formel, lies: x_3 statt x_2 .
- „ 32 „ 1 „ „ Schluss der Formel, „ $c_2 c_3$ st. $c_1 c_3$.
- „ 56 „ 4 „ unt. l.: $Q \frac{d(X)}{L} \cdot \left(\frac{V \cdot X}{L} \right)^2$ st. $\frac{Q d(X)}{L} \cdot \left(\frac{V \cdot X}{L} \right)$
- „ 58 „ 12 „ unten lies: ψ_1 statt ψ .
- „ 58 „ 3 „ „ in der Formel, lies: ψ_1 statt φ_1 .
- „ 99 letzte Zeile lies: $(Q_1 - Q_x) : Q_n - Q_x = \text{etc.}$
- „ 193 Zeile 12 v. unten lies: Seite 130 statt 123.
- „ 193 „ 3 „ „ „ „ 132 „ 129.
- „ 196 „ 10 „ „ „ „ 155 „ 156.
-

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

THE END OF THE WORLD

Einleitung.

Ueberlege das Ziel, welches du erreichen willst — wovon der Erfolg abhängt — die Mittel, welche dir zu Gebote stehen — concentrirte deine Kräfte auf die entscheidenden Punkte.

Das Ziel der militärischen Einrichtungen ist der Sieg auf dem Schlachtfelde.

Nachstehende Faktoren bedingen den Erfolg:

- 1) Zahl geübter Truppen. Mit ihr in einfacher Proportion wächst die Wahrscheinlichkeit des Erfolges.
- 2) Physischer Zustand der Truppen.
- 3) Persönlicher Muth und Intelligenz der Armee.
- 4) Mittel in der Hand der Fechtenden, den Gegner mittelbar oder unmittelbar zu vernichten (Waffen, Pferde etc.).

Im Vergleich dazu sind folgendes die gebotenen Mittel:

- 1) Die Bevölkerung des Landes begränzt die Zahl der Truppen, obgleich innerhalb derselben ein weiter Spielraum (Art der Ausdehnung).
- 2) Die körperlichen Anlagen, die Race des Volkes und der Kräfteverbrauch vor der Aktion bedingen den physischen Zustand der Truppen.

- 3) Der persönliche Muth und die Intelligenz des Volkes bestimmen die gleichen Eigenschaften in der Armee.
- 4) Materielle Hülfsmittel bei Beginn des Krieges (Pferde, Eisenbahnen, Credit etc.). Diese Hülfsmittel sind vor allem von einer ungestörten Entwicklung des Nationalreichthums, also geringer Steuerlast und kurzer Präsenzpflcht abhängig.
- 5) Die jährlichen, den militärischen Einrichtungen zugewendeten Steuern und die Präsenzpflcht des Einzelnen.

Damit sollen Vorbereitungen getroffen, gewisser Massen die Maschine zum Gebrauch in Bereitschaft erhalten werden.

Diese Mittel sind so zu verwenden, dass die Armee auf dem Kampfplatz das Maximum leistet. Ihre Summe ist die gegebene Grundlage. Jede Verwendung derselben ohne entsprechenden Nutzen schädigt die Kriegstüchtigkeit, und ist die Ursache, dass die wichtigsten Angelegenheiten vernachlässigt werden.

Die Armee auf dem Kampfplatz ist als eine Summe von Waffeneinheiten anzusehen, deren wichtigste der Infanterist, der Cavallerist, der gezogene 6 pfünder und das Repetirgeschütz.

Die Kosten eines Infanteristen auf dem Kampfplatz zu finden, hat man die Kosten für die ganze Infanterie, plus den verlorenen Arbeitskräften, während der ganzen vorhergehenden Friedensdauer durch die Zahl der Infanteristen auf dem Kampfplatz zu dividiren.

In ähnlicher Weise müssen die Kosten jeder Waffeneinheit berechnet werden, und ist die unten folgende Tabelle das Ergebniss mit Zugrundelegung einer 15 jährigen Friedensdauer und einer einjährigen Präsenzpflcht.

	Infanterist,	Cavallerist,	6 pfünder,	Repetir- geschütz
Kosten in Thalern	1500	8000	120,000	30,000
Kosten seiner Waffe in Thalern	25	—	2000	2000

Anmerk. Zu einem 6 pfünder mit seinen 2 Reservemunitions-
Wagen gehören 31 Pferde, 32 Mann. Zu einem Repetir-
geschütz gehören: das 4spännige Geschütz, zu zwei
Geschützen ein 4spänniger Reservemunitionswagen mit
16 Centner Munition (ausserdem an der Laffete 3 Ctr.,
in der Protze 5 Ctr. Munition, Summa circa 19,000 Pa-
tronen per Geschütz).

*Das Resultat dieser Zusammenstellung ist die
Thatsache, dass die Kosten der Waffe selbst nur
wenige Procente der Kosten der Waffeneinheit
betragen.* Da der kriegerische Werth jeder Waffeneinheit,
deren Wirkung hauptsächlich auf dem Feuergefecht ruht,
proportional der Leistung der Waffe selbst, so ist die
Verbesserung derselben weitaus der einfachste und sicherste
Weg, grösseres zu leisten, der einzige, auf welchem unmittel-
bar und mit vergleichsweise geringen Mitteln ein rasch
bemerkbare Einfluss ausgeübt werden kann.

Es ist zugleich das einzige Mittel, auf einen noch
wichtigeren Faktor im Gefechte, den persönlichen Muth,
Einfluss zu gewinnen, der durch nichts mehr gehoben wird, als
durch die Ueberzeugung der Waffenüberlegenheit, durch nichts
mehr gebeugt, als durch die Ueberzeugung der eigenen Schwäche.

*Desshalb ist es ein Gebot höchster Staats-
weisheit, um jeden Preis in der Bewaffnung einen
Vorsprung zu gewinnen und sich zu erhalten.*

Die Lösung dieser Aufgabe fordert eine Initiative, die
sich auf überlegene, alle Faktoren beherrschende, Voraussicht
in der Beurtheilung der Feuerwaffen stützt.

Letztere umfasst zwei wesentlich verschiedene Richtungen:

- 1) Die Beurtheilung des mechanischen Theiles. Zu diesem Zweck sind die Elemente der Statik und Dynamik unumgänglich nothwendig.
- 2) Die Beurtheilung der taktischen Leistung einer Waffe stützt sich auf die Verluste, die der Gegner durch sie erleidet, wobei selbstverständlich alle Einflüsse, der Kriegserfahrung entsprechend, in Rechnung zu nehmen sind.

Ohne diese Kenntnisse, welche die Schlüssel zu allen Erscheinungen liefern, ist es absolut unmöglich, über eine Waffe zu urtheilen, gleichgültig ob man 1 Jahr oder 40 damit umgeht. Man weiss weder, worauf an der mechanischen Einrichtung das Augenmerk zu richten, noch was die taktische Leistung einer Waffe entscheidet, auch nicht was zu lehren und zu lernen, eine Waffe zu verstehen.

Wo daher die Entscheidung über die Bewaffnung einer Armee Männern anvertraut ist, welchen diese Kenntnisse fehlen, ist ein unglückliches Resultat mit Gewissheit vorherzusehen.

Nicht nur zur Beurtheilung einer Waffe, für jeden Offizier sind diese Kenntnisse von grosser Bedeutung. Sie sind die Grundlage der ganzen Taktik, denn das Feuergefecht beherrscht das Schlachtfeld. Mehr zu leisten, als der Gegner, fordert, dass man die Bedingungen des Erfolges besser übersieht, in diesem Sinne seine Untergebenen erzieht, und seine Anordnungen trifft. Mit derselben Waffe können bei richtiger Leitung dem Gegner doppelte und dreifache Verluste zugefügt werden.

Die vorliegende Arbeit enthält, den oben genannten zwei Richtungen entsprechend, einen mechanischen und einen

taktischen Theil; beide, möglichst elementar gehalten, setzen (mit wenig Ausnahmen) nur die Elemente der Statik, die niedere Mathematik und den ersten Begriff der Wahrscheinlichkeitsrechnung voraus.

Den ersten Abschnitten liegt die Absicht zu Grunde, die einschlägigen Grundsätze der Dynamik möglichst kurz und einfach zu erklären, zu welchem Zweck die verschiedenen Erscheinungen bei Anwendung der Feuerwaffen als Beispiele benützt sind.

Im 3. Abschnitt werden die Gesetze für die Beurtheilung des mechanischen Theiles der Feuerwaffen weiter ausgeführt und schliesslich zum praktischen Gebrauch zusammengestellt.

Im 4., 5. und 6. Abschnitt werden der Infanterist, der 6 pfünder und das Repetirgeschütz auf ihre Leistungen im Feuergesecht untersucht, die verschiedenen Wege vorgezeichnet, diese zu erhöhen, und diese Waffeneinheiten im gegenseitigen Kampfe verglichen.

Zum Schluss werden die richtigen Zahlenverhältnisse der Waffeneinheiten gesucht, endlich die wichtigsten Faktoren der Kriegersleistung, auf welche man einen Einfluss üben kann, zusammengestellt.

Abschnitt I.

Grundgesetze der Dynamik, so weit sie zur Entwicklung der einfachsten ballistischen Regeln erforderlich.

I. Capitel.

Grundbegriffe, Gesetz vom Beharrungsvermögen der Körper, gleichförmig veränderte Bewegung.

Grundbegriffe der Dynamik:

Raum — Zeit — Masse — Kraft.

Masse ist Quantität der Materie, oder, nach Redtenbacher, Quantität des Trägen.

Gesetz vom Beharrungsvermögen der Körper.

Der Bewegungszustand eines frei im Raume schwebenden, allen äusseren Einflüssen entzogenen Körpers ist gleichförmig, d. h. in Ruhe bleibt er in Ruhe, in Bewegung ist seine Bahn geradlinig und die Wegstrecke, welche er in jeder Secunde zurücklegt, immer gleich gross. Diese Wegstrecke nennt man seine Geschwindigkeit.

Ändert ein Körper seinen Bewegungszustand, geht er von der Ruhe in Bewegung über, wird

seine Geschwindigkeit kleiner oder grösser, so nennt man die Ursache davon mechanische Kraft.

Auf dem Grundsatz vom Beharrungsvermögen der Körper ruht die ganze Dynamik.

Durch eine Formel ausgedrückt, lautet er:

$$\begin{array}{ll} \psi = 0 & \psi \text{ die Intensität der Kraft} \\ x = vt & x \text{ die von dem Körper in der} \\ & \text{Zeit } t \text{ zurückgelegte Weg-} \\ & \text{strecke} \\ & v \text{ die Geschwindigkeit des} \\ & \text{Körpers.} \end{array}$$

Dieses Gesetz findet auch dann Anwendung, wenn zwei oder mehrere Kräfte auf den Körper wirken, die sich gegenseitig das Gleichgewicht halten.

Beispiele.

- 1) Ein frei im Raume schwebender Körper, auf den keine Kräfte wirken, hat eine Geschwindigkeit von 300 metres. Welche Wegstrecke legt er in 0,1 Secunden zurück?

$$x = 300 \cdot 0,1 = 30 \text{ m.}$$

- 2) Welche Zeit braucht derselbe Körper, eine Wegstrecke von 2000 m. zurückzulegen?

$$\begin{array}{l} 2000 = 300 t \\ 6^{2/3} = t. \end{array}$$

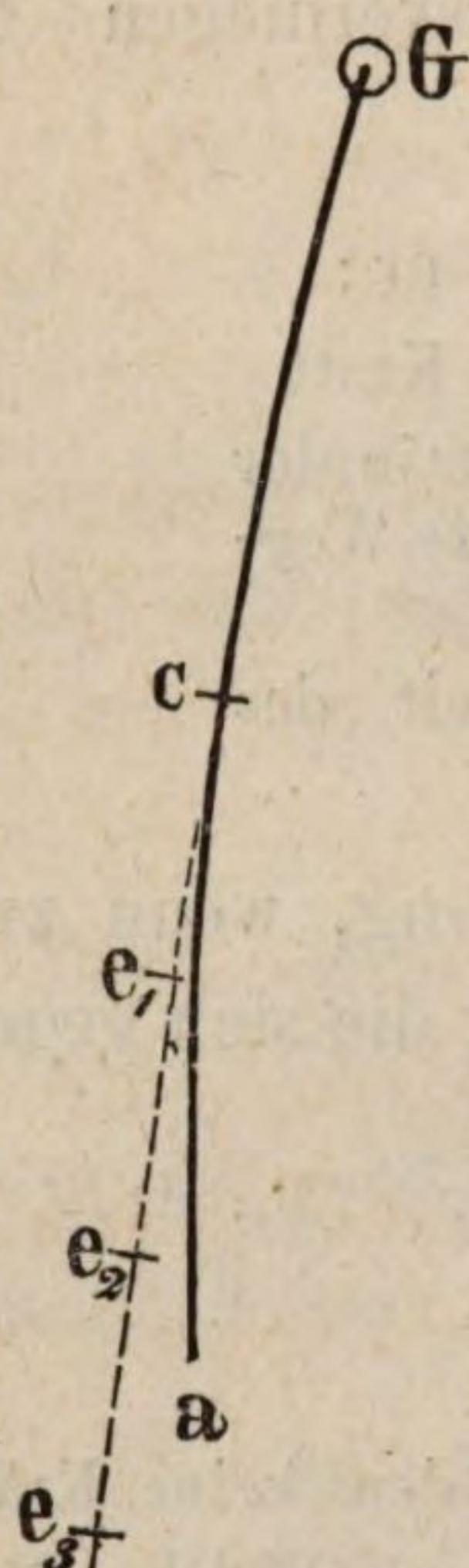
- 3) Ein Projectil verlässt das Geschütz mit dem Elevationswinkel von 2° und 331 m. Geschwindigkeit. Allen äusseren Einflüssen (dem Luftwiderstand und der Schwere) entzogen, wo würde sich dasselbe nach 2 Secunden befinden?

$$\begin{array}{l} \text{Horizont. Entfernung vom Geschütz} = 2 \cdot 331 \cos 2^\circ = 661,6 \text{ m.} \\ \text{Verticale „ „ „} = 2 \cdot 331 \sin 2^\circ = 23,1 \text{ m.} \end{array}$$

- 4) Ein Eisenbahnzug legt mit gleichförmiger Geschwindigkeit (die wirkenden Kräfte, Reibung und Luftwiderstand einerseits, Zugkraft der Locomotive anderseits sind im Gleichgewichte) eine Wegstrecke von 1000 m in einer Minute zurück. Wie gross ist seine Geschwindigkeit?

Begriff der Geschwindigkeit eines ungleichmässig sich bewegenden Körpers.

Fig. I.



Ein Körper G , dessen Masse wir uns in einem Punkte vereinigt denken, bewege sich ungleichförmig unter dem Einfluss verschiedener Kräfte in der Linie Ga . Seine Geschwindigkeit an dem Punkte c soll bestimmt werden. Man unterbricht in dieser Absicht die Wirkung der Kräfte an diesem Punkte, in Folge dessen die Bewegung des Körpers von dieser Stelle an gleichförmig geradlinig wird, dem Gesetz vom Beharrungsvermögen entsprechend. Die Wegstrecke, welche er dann in jeder folgenden Secunde zurücklegt ($ce_1 = e_1e_2 = e_2e_3$), nennt man seine Geschwindigkeit an dem Punkte c .

Die Linie ce_3 tangirt die Curve Ga in c .

Einheiten, mit welchen Raum, Zeit, Masse und Kraft gemessen werden.

- 1) *Als Einheit, den Raum zu messen, wählen wir den Metre.*
- 2) *Die allgemein angenommene Zeiteinheit ist die Secunde.*
- 3) Zwischen Masseneinheit und Krafteinheit bestehen folgende Beziehungen:

Alle Körper, die wir kennen, ziehen einander an. Es wird angenommen, dass ein Körper ebensoviel Masse (Quantität der Materie), als ein anderer hat, wenn die Anziehung zwischen jedem einzelnen

von diesen beiden und einem dritten, z. B. der Erde, gleich gross ist.

Zwei Körper von gleichem Gewicht haben also gleiche Masse, denn die Schwere ist die Anziehung der Erde auf die Körper an ihrer Oberfläche.

Auf den Begriff dieser Gleichheit stützt sich jedes andere Verhältniss.

Als Masseneinheit wählen wir 1 Kilogramm.)*

- 4) *Ein Kilogramm Masse wird von der Erde an ihrer Oberfläche mit bestimmter Kraft (ihrem Gewicht) angezogen. Diese Kraft nehmen wir als Einheit, alle anderen damit zu messen.*

Wenn diese Kraft 1 Secunde lang auf einen frei schwebenden ruhenden Körper von 1 K. Masse wirkt, ertheilt sie diesem eine Geschwindigkeit von 9,81 M., und sie äussert diese Wirkung in jeder Richtung und an jedem Ort im unendlichen Raum.

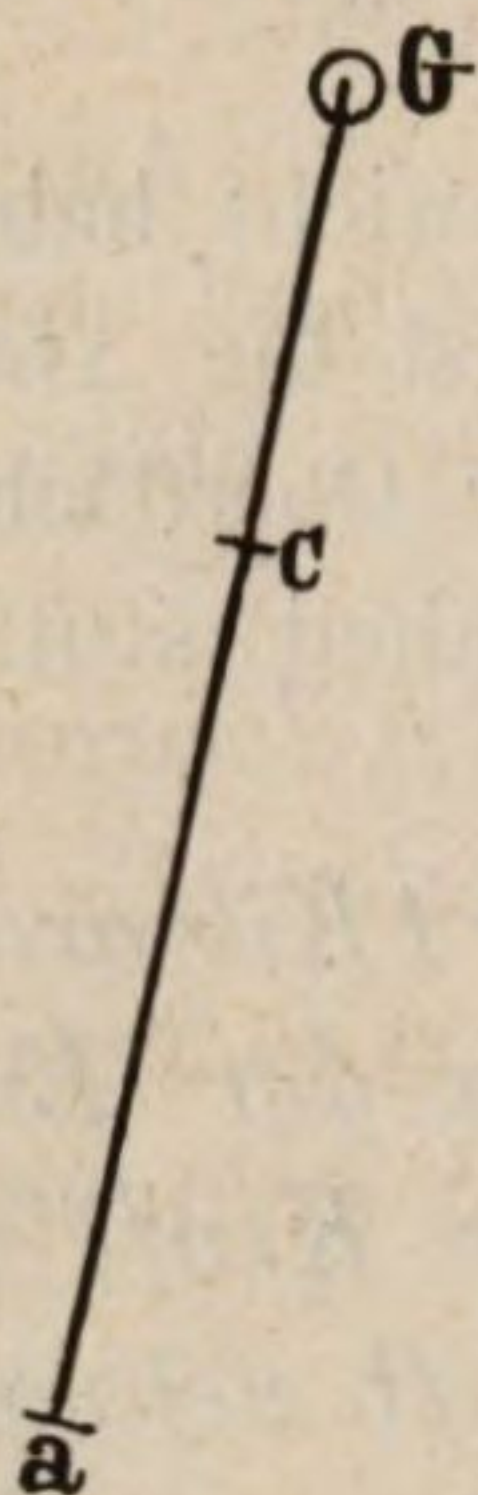
Der Unterschied zwischen 1 K. Kraft und 1 K. Masse kann nicht scharf genug hervorgehoben werden. Letztere bleibt unverändert, wo immer im Raume sich der Körper befinden mag. Nicht so die Kräfte, welche auf denselben wirken, die in der Regel von seinem Orte abhängig. So beträgt z. B. die Anziehungskraft der Erde auf 1 K. Masse, in einer Entfernung von 10 Erdradien von ihrem Mittelpunkt, nur $\frac{1}{100}$ K.

Wirkung einer constanten Kraft auf einen ruhenden, frei schwebenden Körper.

Beziehungen zwischen Masse, Kraft, Dauer der Einwirkung, erhaltener Geschwindigkeit und zurückgelegter Wegstrecke:

*) In der Regel wird in der Mechanik 9,81 K. als Masseneinheit angenommen. Ich halte obige Annahme für einfacher und leichter verständlich.

Fig. II.



Ein Körper G (Fig. II), dessen Masse wir uns in einem Punkte vereinigt denken, ruht frei schwebend im Raume. Eine constante Kraft beginnt in der Richtung Ga auf ihn zu wirken, in Folge dessen er sich mit wachsender Geschwindigkeit von seiner ersten Stelle entfernt. Nach Verlauf der Zeit t in c angekommen, hat er die Wegstrecke Gc zurückgelegt und eine bestimmte Geschwindigkeit erhalten.

Die erste Eigenschaft der constanten Kraft besteht darin, dass der Zuwachs an Geschwindigkeit in gleicher Zeit immer gleich gross oder gleichbedeutend, die erhaltene Geschwindigkeit ist proportional der Dauer der Einwirkung.

Die erhaltene Geschwindigkeit ist ferner proportional der Grösse der Kraft.

Die erhaltene Geschwindigkeit ist drittens verkehrt proportional der Masse des bewegten Körpers.

Mit Hilfe des oben erwähnten Erfahrungsergebnisses, dass eine Kraft von 1 K. einer Masse von 1 K. in einer Secunde eine Geschwindigkeit von 9,81 M. ertheilt, können Aufgaben, wie die folgende, durch 3 obigen Gesetzen entsprechende Proportionen gelöst werden.

Man sucht die Geschwindigkeit (v), welche ein freischwebender ruhender Körper von der Masse 10 K. ($= G$) in 4 Secunden ($= t$) durch eine Kraft von 3 K. ($= \psi$) erhält.

	ψ (Kraft),	G (Masse in K.),	t Zeit,	v Geschw.
Bekanntes Versuchseresultat	1	1	1	9,81
Die Geschw. proport. der Kraft	3	1	1	29,43
Die Geschw. verkehrt proport. der Masse	3	10	1	2,943
Die Geschw. prop. der Dauer der Einwirk.	3	10	4	11,772

Obige 3 Proportionen in eine Formel zusammengefasst:

$$v = \frac{9,81 \psi t}{G}$$

v die erhaltene Geschwindigkeit
 ψ die Intensität der Kraft
 t die verflossene Zeit
 G die Masse des Körpers.

In dieser Formel $t = 1$ gesetzt, erhält man die Geschwindigkeit, welche der Körper am Ende der ersten Secunde erhalten hat, gleich der Geschwindigkeitszunahme in jeder folgenden Secunde. Man nennt diese Grösse die Beschleunigung des Körpers. Sie soll mit p bezeichnet werden.

$$p = \frac{9,81 \psi}{G}$$

p in obiger Formel eingesetzt:

$$v = pt$$

Beispiele.

- 1) Eine Kraft von 10 K. wirkt 30 Secunden lang auf einen frei schwebenden ruhenden Körper von 3 K. Masse. Geschwindigkeit und Beschleunigung desselben werden gesucht.

$$v = \frac{9,81 \cdot 10 \cdot 30}{3} = 981 \text{ m.}$$

$$p = \frac{9,81 \cdot 10}{3} = 32,7$$

- 2) Ein frei schwebender ruhender Körper, von 10 K. Masse, erhält in 2 Secunden 100 m. Geschwindigkeit durch eine constante

Kraft. Wie gross ist dieselbe, wie gross die Beschleunigung des Körpers?

$$100 = \frac{9,81 \psi \cdot 2}{10}$$

$$\psi = 50,98$$

$$p = \frac{9,81 \psi}{10} = 50$$

- 3) Ein frei schwebender ruhender Körper, von 80 K. Masse, erhält durch eine Kraft von 20 K. eine Geschwindigkeit von 100 m. Wie lange hat die Kraft auf den Körper gewirkt?

$$100 = \frac{9,81 \cdot 20 t}{80}$$

$$t = 41,8$$

- 4) Ein Körper erhält durch eine Kraft von 800 K. in $\frac{1}{100}$ Secunde eine Geschwindigkeit von 300 m. Wie gross ist die Masse und die Beschleunigung des Körpers?

$$300 = \frac{9,81 \cdot 800 \cdot \frac{1}{100}}{G}$$

$$G = 0,2616 \text{ K.}$$

$$p = \frac{v}{t} = \frac{300}{\frac{1}{100}} = 30,000$$

- 5) Die Beschleunigung eines Körpers durch eine Kraft betrage 100 m., die Kraft selbst 20 K., die Dauer der Einwirkung 100 Secunden; wie gross ist die erhaltene Geschwindigkeit und die Masse des Körpers?

$$v = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ m.}$$

$$100 = \frac{9,81 \cdot 20 \cdot 10}{G}$$

$$G = 19,62 \text{ K.}$$

- 6) Ein Körper von 6 K. Masse wird von einer constanten Kraft in Bewegung gesetzt. Man beobachtet nach einer gewissen Zeit eine Geschwindigkeit von 100 m. und 2 Secunden später von 140 m. Wie gross ist die Kraft, die Beschleunigung des Körpers, und welche Zeit ist verflossen, bis der Körper die erste Geschwindigkeit erhalten hat?

$$p = 20 \text{ m.}$$

$$20 = \frac{9,81 \psi}{6}$$

$$t = 5$$

$$\psi = 12,2$$

Es soll jetzt die von dem Körper G in der Zeit t durchlaufene Wegstrecke Gc (Fig. II) bestimmt werden. Der Körper beginnt seine Bewegung mit unendlich kleiner Geschwindigkeit, die gleichmässig mit der Zeit bis zur Grösse v zunimmt. Wenn er sich ebenso lang mit der mittleren Geschwindigkeit $\frac{v}{2}$ bewegt, wird er dieselbe Wegstrecke zurücklegen, folglich:

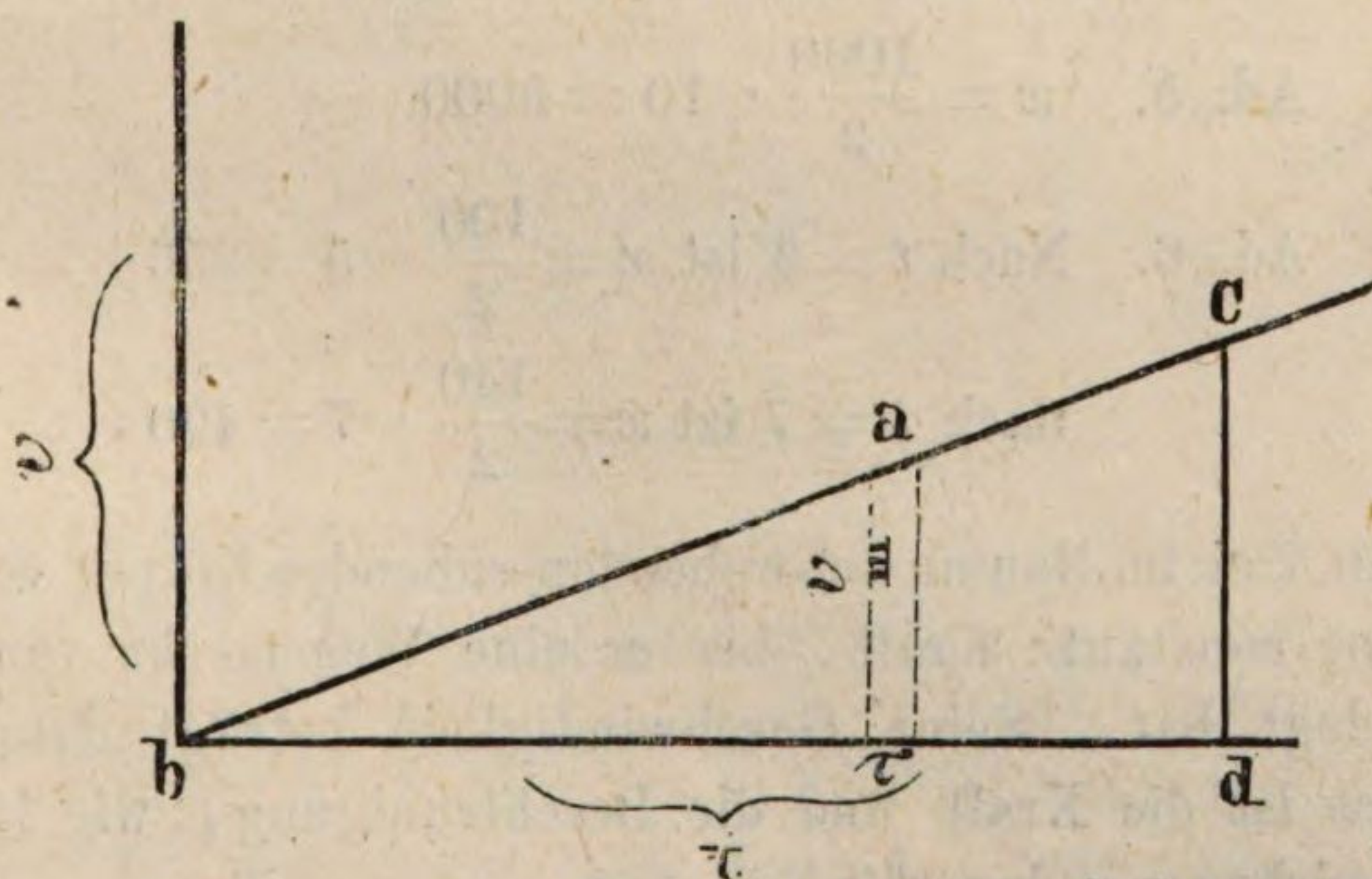
$$Ac = X = \frac{v}{2} t$$

ψ die zurückgelegte Wegstrecke

v die Geschwindigkeit nach der Zeit.

Auf folgende Weise erhält man dieselbe Gleichung: Das Verhältniss zwischen v und t , in der Gleichung $v = pt$, wird durch die Coordinaten einer geraden Linie dargestellt, die durch den Nullpunkt geht ($t_1 : v_1 = t_2 : v_2 = \text{etc.}$). Die Zeit t in unendlich viele gleiche Theile τ zerlegt, kann

Fig. III.



die Geschwindigkeit während eines solchen als gleichförmig angesehen werden, und die entsprechende zurückgelegte Wegstrecke beträgt $v_m \tau$. Dieses Product wird durch das Flächenelement τa (τ Grundlinie, v_m Höhe) dargestellt. Alle Flächenelemente zusammen, das ist der Inhalt des Drei-

ecks bcd , bedeuten die ganze während der Zeit t zurückgelegte Wegstrecke, also wie oben:

$$x = \frac{v}{2} t$$

Den Werth von v eingesetzt:

$$X = \frac{pt^2}{2} = \frac{9,81 \psi t^2}{2G}$$

Beispiele.

In den Aufgaben 1 — 6, Seite 11 und 12, sollen die zurückgelegten Wegstrecken bestimmt werden.

$$\text{Ad. 1. } x = \frac{981}{2} \cdot 30 = 14715$$

$$\text{Ad. 2. } x = \frac{100}{2} \cdot 2 = 100$$

$$\text{Ad. 3. } x = \frac{100}{2} \cdot 41,8 = 2090$$

$$\text{Ad. 4. } x = \frac{30000}{2} \left(\frac{1}{100}\right)^2 = \frac{3}{2}$$

$$\text{Ad. 5. } x = \frac{1000}{2} \cdot 10 = 5000$$

$$\text{Ad. 6. Nach } t = 5 \text{ ist } x = \frac{100}{2} \cdot 5 = 250$$

$$\text{nach } t = 7 \text{ ist } x = \frac{140}{2} \cdot 7 = 490$$

- 7) Auf einen frei im Raume schwebenden ruhenden Körper von 6,9 K. wirkt eine constante Kraft, bis er eine Wegstrecke von 1,67 m. zurückgelegt hat. Seine Geschwindigkeit beträgt dann 331 m. Wie gross ist die Kraft und die Beschleunigung, wie lange hat ihre Einwirkung gedauert?

$$\begin{array}{lll} 1,67 = \frac{331}{2} t & 331 = p \cdot 0,01009 & 32804 = \frac{9,81 \psi}{6,9} \\ t = 0,01009 & p = 32804 & \psi = 23080 \end{array}$$

- 8) Welche Geschwindigkeit erhält ein Körper von 7,5 K. durch die im vorigen Beispiel berechnete Kraft auf derselben Wegstrecke?

$$v = \frac{9,81 \cdot 23080 \ t}{7,5} \quad , \quad 1,67 = \frac{vt}{2}$$

$$v^2 = \frac{9,81 \cdot 23080 \cdot 2 \cdot 1,67}{7,5}$$

$$v = 317.$$

Anmerk. Aufgaben, analog Nr. 8, können leichter mit Hülfe der Gleichung Seite 18 gelöst werden.

Als specielles Beispiel einer constanten Kraft mag die Schwere, d. i. die Anziehung der Erde auf die Körper an ihrer Oberfläche, erwähnt werden. Die Beschleunigung aller Körper durch diese Kraft beträgt $9,81 \text{ m.} = p$. Der Grund liegt darin, dass $n \cdot K$ Masse mit $n \cdot K$ Kraft angezogen werden, so dass in der Formel

$$p = \frac{0,81 \ \psi}{G}$$

der Quotient $\frac{\psi}{G}$ immer $= 1$.

Aus diesem Grunde fallen alle Körper an der Erdoberfläche im luftleeren Raum gleich rasch.

Obigen Werth von p in den Formeln Seite 11 und 14 eingesetzt:

$$v = 9,81 \ t \quad , \quad x = \frac{9,81 \ t^2}{2} = \frac{vt}{2} = \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

Beispiele.

- 1) Ein Körper fällt 0,1 Secunden. Welche Wegstrecke hat er zurückgelegt, welche Geschwindigkeit erhalten?

$$v = 9,81 \cdot 0,1 = 0,981 \quad x = \frac{0,981 \cdot 0,1}{2} = 0,049$$

- 2) Ein Körper fällt 24 m. hoch herunter. Wie lange braucht er dazu, wie gross ist seine Geschwindigkeit?

$$24 = \frac{9,81 \ t^2}{2} \quad v = 9,81 \cdot 2,2 = 21,58$$

$$t = \sqrt{\frac{48}{9,81}} = 2,2$$

- 3) Wie hoch muss ein Körper herunterfallen, eine Geschwindigkeit von 19,62 m. zu erhalten?

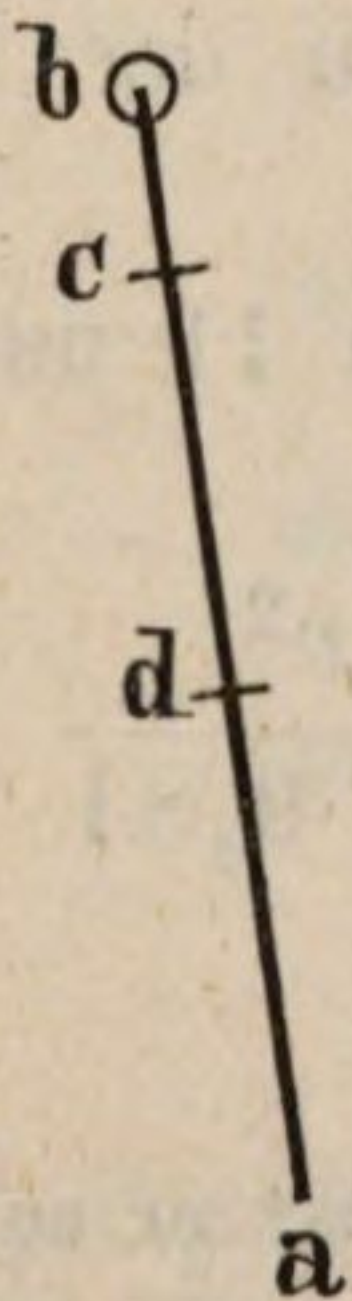
$$x = \frac{(19,62)^2}{2 \cdot 9,81} = 4,905$$

Anmerk. Im luftgefüllten Raum sind die Resultate mit der Formel nicht ganz übereinstimmend; doch nähern sich beide um so mehr, je geringer die Geschwindigkeit und je grösser die Masse des Körpers im Vergleich zu seinem Luftwiderstande.

II. Capitel.

Arbeit der Kraft.

Fig. IV.



Ein Körper bewegt sich von b nach a . Während er die Wegstrecke von c bis d ($cd = w$) zurücklegt, wirkt eine constante Kraft ψ in gleicher oder entgegengesetzter Richtung auf ihn. *Das Product — Kraft mal Wegstrecke* $= \psi \cdot cd = \psi \cdot x$ *heisst die Arbeit der Kraft, und ist der einzige Maassstab für den Verbrauch derselben.* Weder die Anwesenheit anderer Kräfte, noch die Geschwindigkeit, noch die Richtung der Bewegung, noch die Masse des bewegten Körpers kommt dabei in Rechnung.

Sei z. B. ba der Weg eines Bahnzugs, der mit beliebiger Geschwindigkeit in c ankommt. Von da bis d , $cd = 500$ m. zieht die Locomotive gleichmässig mit 100 K. Kraft. Die Arbeit derselben, der Kraftverbrauch, beträgt dann $\psi \cdot x = 500 \text{ m} \cdot 100 \text{ K.} = 50000$ Metres Kilogrammes, oder, wie gewöhnlich geschrieben wird, 50000 M. K.

Die ausserdem wirkenden Kräfte, die Geschwindigkeit in c und d , die Masse des Zuges haben darauf keinen Einfluss.

Beispiele.

- 1) Ein 1000 K. schwerer Körper fällt 20 m. hoch herunter. Wie gross ist die Arbeit der Kraft?

20000 K.

- 2) Ein 2000 K. schwerer Körper soll 3 m. hoch gehoben werden. Wie gross ist die nöthige Arbeit?

6000 M. K.

- 3) Auf einen frei im Raume schwebenden Körper von 10 K. Masse wirkt 5 Secunden eine Kraft von 100 K. Wie gross ist die Arbeit dieser Kraft?

Man berechnet zuerst die Wegstrecke, welche die Kraft gewirkt hat, aus der Formel Seite 14.

$$x = \frac{9,81 \cdot 100 \cdot 5^2}{2 \cdot 10} = 1226,2$$

Die Arbeit der Kraft $= 1226,2 \cdot 100 = 122620$ M. K.

- 4) Wie gross ist die Arbeit der Kraft bei einem frei fallenden Körper von 100 K. nach 3 Secunden und in der dritten Secunde allein?

Nach 3 Secunden ist $x = \frac{9,81 \cdot 3^2}{2} = 44,29$, folglich die Arbeit der Kraft $= 44,29 \cdot 100 = 4429$ M. K.

In der 3. Secunde allein ist $x = \frac{9,81 \cdot 3^2}{2} - \frac{9,81 \cdot 2^2}{2} = 24,67$, folglich die entsprechende Arbeit der Kraft $= 24,67 \cdot 100 = 2467$ M. K.

- 5) Eine Kraft von 50 K. wirkt 10 Secunden auf einen frei schwebenden ruhenden Körper von 100 K., dann ebenso lang auf einen Körper von 2 K. Wie gross ist die Arbeit der Kraft in beiden Fällen?

$$\text{1. Fall: } x_1 = \frac{9,81 \cdot 50 \cdot 10^2}{2 \cdot 100} = 245,2; \quad \begin{array}{l} \text{Arbeit der Kraft:} \\ = 245,2 \cdot 50 = 12260 \end{array}$$

$$\text{2. Fall: } x_2 = \frac{9,81 \cdot 50 \cdot 10^2}{2 \cdot 2} = 12262; \quad \begin{array}{l} \text{Arbeit der Kraft:} \\ = 12262 \cdot 50 = 613100 \end{array}$$

Die Arbeit der Kraft in dem einen Fall verhält sich zu der in dem anderen, wie verkehrt die Massen der beiden Körper; der leichtere absorbirt die grössere Arbeit.

$$12260 : 613100 = 2 : 100.$$

Lebendige Kraft; ihr Verhältniss zur Arbeit der Kraft.

Auf einen frei im Raume schwebenden ruhenden Körper wirkt eine constante Kraft. Nachdem der Körper eine bestimmte Wegstrecke mit steigender Geschwindigkeit (analog Seite 13) zurückgelegt, hört sie zu wirken auf.

Nach Seite 11 und 14 gelten folgende Gleichungen:

$$x = \frac{v}{2} t, \quad v = \frac{9,81 \psi t}{G}$$

t eliminirt

$$\psi x = \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$$

v	Geschwindigkeit
x	Wegstrecke
t	Dauer der Einwirkung
ψ	Intensität der Kraft
G	Masse des Körpers in Kilogrammes

Die Grösse $\frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$ heisst die erzeugte lebendige Kraft.

Diese wichtige Gleichung bedeutet, dass durch bestimmte Arbeit einer Kraft (ψx) immer dieselbe lebendige Kraft $\left(\frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}\right)$ erzeugt wird, unabhängig von der Masse des bewegten Körpers und der Dauer der Entwicklung.

Sie bezeichnet ferner die charakteristische Eigenschaft der Masse, die Arbeit der Kraft in Form von Geschwindigkeit in sich aufzunehmen.

Beispiele.

- 1) Ein Projectil von 6,9 K. (6 pfünder Granate) erhält eine Anfangsgeschwindigkeit von 331 m. Wie gross ist die verwendete Arbeit?

$$\psi x = \frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{6,9 \cdot 109561}{2 \cdot 9,81} = 38531 \text{ M. K.}$$

Dieselbe Arbeit auf ein Projectil von 5 K. verwendet, wie gross wird dessen Anfangsgeschwindigkeit?

$$38531 = \frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{5 \cdot v^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$v^2 = \frac{6,9}{5} 331^2$$

$$v = 331 \sqrt{\frac{6,9}{5}} = 387,3$$

- 2) Auf einen Körper von 0,02 K. wirkt eine Kraft von 200 K., eine Wegstrecke von 1 m. Wie gross wird seine Geschwindigkeit?

$$200 \cdot 1 = \frac{0,02 \cdot v^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$v = 443$$

Begriff der mittleren Kraft.

Sehr oft wirkt eine Kraft ungleichmässig. Man kann sie durch eine constante ersetzen, die, auf derselben Wegstrecke, dieselbe lebendige Kraft erzeugt. Diese nennt man die mittlere Kraft.

Beispiele.

- 1) Ein Projectil von 6,9 K. (6pfünder Granate) erhält durch die ungleichmässig wirkende Kraft des Pulvers eine Geschwindigkeit von 331 m. Die Entfernung vom Geschossboden bis zur Mündung betrage 1,69 m. Wie gross ist die mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt, und wie lange braucht das Geschoss bei dieser, die Wegstrecke vom Geschossboden bis zur Mündung zurückzulegen?

$$\psi \cdot 1,69 = \frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\psi = 23080 \text{ K.}$$

Die Dauer der Einwirkung erhält man aus Gleichung Seite 14:

$$1,69 = \frac{331}{2} \cdot t$$

$$t = 0,01009$$

Diese Rechnung ist natürlich nur ein oberflächlicher Ueberschlag. Wir werden genauere Resultate kennen lernen (Seite 25).

- 2) Ein Körper (z. B. eine Billardkugel) von 0,5 K. erhält einen Stoss, der, auf eine Wegstrecke von 0,005 K. wirkend, demselben eine Geschwindigkeit von 10 m. ertheilt. Die Intensität der mittleren Kraft und die Dauer ihrer Einwirkung soll bestimmt werden.

$$\psi \cdot 0,005 = \frac{0,5 \cdot 100}{2 \cdot 9,81}$$

$$\psi = 509 \text{ K.}$$

Die Dauer der Krafteinwirkung aus der Gl. $x = \frac{v}{2} t$:

$$0,005 = \frac{10}{2} t$$

$$t = 0,001$$

III. Capitel.

Wirkung und Gegenwirkung, Quantität der Bewegung.

Eine Kraft kann nie auf weniger als zwei Körper wirken, auf beide in jedem Augenblicke mit gleicher Intensität, aber in entgegengesetzter Richtung. Jede Kraftäusserung kann als Beispiel für diesen Satz dienen. Es stösst z. B. Jemand mit einem Queue nach einer Billardkugel. Die Muskeln setzen den leitenden Arm mit dem Queue nach einer Richtung, den übrigen Körper in entgegengesetzter in Bewegung. Wenn ferner der Queue die Kugel trifft, wirkt die Kraft des Stosses wieder gleich lang, aber in entgegengesetzter Richtung, auf die beiden Körper etc. Bei dem Schuss in horizontaler Richtung sind Geschoss und Feuerwaffe, bei einem senkrecht abgefeuerten Mörser Geschoss und Erdmasse die beiden Körper, auf welche die Kraft wirkt. In den genannten Fällen, wie in hundert anderen, ist nur die Wirkung auf einen Körper beabsichtigt; die andere, die Gegenwirkung, ist reiner Kraftverlust.

Wenn beide Körper frei im Raume ruhen, die Kraft, von einem bestimmten Augenblicke an, auf beide mit gleicher Intensität wirkt, so verhalten sich ihre Geschwindigkeiten nach jedem Zeitabschnitt wie umgekehrt ihre Massen, gleichgültig ob die Kraft gleichmässig oder ungleichmässig gewirkt hat.

Dieser Satz lässt sich leicht aus den Regeln Seite 10 ableiten. In Zeichen ausgedrückt:

$$v_1 : v_2 = G_2 : G_1$$

$$v_1 G_1 = v_2 G_2$$

Das Product $G_1 v_1$ oder $G_2 v_2$ heisst die Quantität der Bewegung.

Dasselbe Verhältniss gilt auch für die zurückgelegten Wegstrecken, da diese wie die Geschwindigkeiten wachsen.

$$x_1 : x_2 = G_2 : G_1$$

$$x_1 G_1 = x_2 G_2$$

Wenn die Kraft constant, x_1 und x_2 die Wegstrecken bedeuten, welche die beiden Körper am Ende der Krafteinwirkung zurückgelegt, so ist

$$\psi (x_1 + x_2)$$

die Arbeit der Kraft, wovon die Arbeit ψx_1 die lebendige Kraft des ersten, ψx_2 die des zweiten erzeugt.

Beispiele.

- 1) Zwei Körper, $G_1 = 100$ K., $G_2 = \frac{1}{2}$ K., ruhen frei schwebend im Raum. Ihre Entfernung beträgt 200 m. Von einem bestimmten Augenblick an stossen sie sich mit einer constanten Kraft von $\frac{1}{10}$ K. ab.

Der Ort beider Körper nach Verlauf von 10 Secunden, ihre Geschwindigkeit, der Kraftverbrauch im Ganzen und Einzelnen ist zu bestimmen.

Die Geschwindigkeit des Körpers G_1 ergibt sich aus der Formel:

$$v_1 = \frac{9,81 \psi t}{G_1}$$

$$v_1 = \frac{9,81 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10}{100} = 0,0981$$

Die Geschwindigkeit von G_2 aus dem Gesetz von den Quantitäten der Bewegung:

$$G_1 v_1 = G_2 v_2$$

$$100 \cdot 0,0981 = \frac{1}{2} \cdot v_2$$

$$v_2 = 19,62$$

Die von G_1 zurückgelegte Wegstrecke aus der Formel:

$$x_1 = \frac{v_1 t}{2}$$

$$x_1 = \frac{0,0981}{2} \cdot 10 = 0,4905$$

Die von G_2 zurückgelegte Wegstrecke aus der Formel:

$$x_1 G_1 = x_2 G_2$$

$$0,4905 \cdot 100 = \frac{1}{2} \cdot x_2$$

$$x_2 = 98,10$$

Die Arbeit der Kraft auf die lebendige Kraft von G_1 verwendet:

$$\psi x_1 = \frac{1}{10} \cdot 0,4905 = 0,04905 =$$

$$\frac{G_1 v_1^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{100 \cdot 0,0981^2}{2 \cdot 9,81}$$

Die Arbeit der Kraft auf die lebendige Kraft von G_2 verwendet:

$$\psi x_2 = \frac{1}{10} \cdot 98,1 = 9,81 =$$

$$\frac{G_2 v_2^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 19,62^2}{2 \cdot 9,81}$$

Die gesammte Arbeit der Kraft beträgt:

$$\frac{1}{10}(0,4905 + 98,1) = 9,85905 \text{ M. K.}$$

Es ist wichtig, hervorzuheben, dass der Körper mit geringerer Masse immer in demselben Verhältnisse mehr Arbeit der Kraft absorbirt, als er leichter ist, wie an diesem Beispiel ersichtlich.

- 2) Es wird ein Geschütz abgefeuert; Gewicht desselben 700 K., Gewicht des Projectils 6,9 K.; Anfangsgeschwindigkeit desselben 331 m. Vom Geschossboden bis zur Mündung (die Wegstrecke, welche das Pulver wirkt) 1,67 m.

Geschoss und Geschütz setzen sich gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung in Bewegung. Wenn ersteres die Mündung verlässt, hat dasselbe seine Anfangsgeschwindigkeit, das Geschütz seine Rücklaufgeschwindigkeit. Beide Körper würden im freien Raum ihre Bewegung mit der erhaltenen Geschwindigkeit gradlinig gleichförmig fortsetzen; unter den gegebenen Verhältnissen wird die Bahn des Projectils durch die Anziehung der Erde abgelenkt und die lebendige Kraft vom Geschütz durch die Reibung auf der Unterlage absorbiert.

Welche Rücklaufgeschwindigkeit erhält das Geschütz?

$$\begin{array}{ll} G_1 v_1 = G_2 v_2 & G_1 = 700 \text{ K. (Geschützgewicht)} \\ 700 v_1 = 6,9 \cdot 331 & v_1 = \text{Rücklaufgeschwindigkeit} \\ v_1 = 3,26 & G_2 \text{ Geschossgewicht) } 6,9 \text{ K.} \\ & v_2 \text{ Anfangsgeschwindigkeit des} \\ & \text{Projectils} \end{array}$$

Wenn das Geschoss die Mündung verlässt, welchen Weg hat dasselbe und welchen das Geschütz zurückgelegt?

$$\begin{array}{ll} G_1 x_1 = G_2 x_2 & x_1 \text{ Wegstrecke, welche das Ge-} \\ 700 x_1 = 6,9 x_2 & \text{schütz in dem Augenblicke} \\ x_1 + x_2 = 1,67 & \text{zurückgelegt hat, wenn das} \\ & \text{Geschoss die Mündung ver-} \\ & \text{lässt.} \\ x_1 = 0,016 & x_2 \text{ Wegstrecke, welche das Ge-} \\ x_2 = 1,654 & \text{schoss in dem Augenblick} \\ & \text{zurückgelegt hat, in welchem} \\ & \text{es die Seele verlässt.} \end{array}$$

Bedeutet ψ die mittlere Kraft mit der das Pulver wirkt, so ist die Arbeit $\psi \cdot x_1 = \psi \cdot 0,016$ auf die Rücklaufgeschwindigkeit, $\psi x_2 = \psi \cdot 1,654$ auf die Anfangsgeschwindigkeit verwendet.

Diese Grössen verhalten sich umgekehrt wie die Massen der beiden Körper. Von der Gesamtarbeit der Pulverkraft ($\psi \cdot 1,67$) ist demnach mehr als $\frac{99}{100}$ auf das Geschoss verwendet.

Die mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt (ψ), ergibt sich aus der Gleichung:

$$\text{Formel S. 18: } \psi \cdot 1,654 = \frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} =$$

$$\psi = 23290$$

welches Resultat etwas genauer, als das Seite 19.

Das Geschütz läuft in Folge der erhaltenen lebendigen Kraft 4 m. weit zurück. Wie gross ist die mittlere Kraft, mit der die Reibung wirkt?

Diese Aufgabe zu lösen, benützen wir einen Hülfsatz, der Seite 37 ausführlicher begründet werden soll:

Eine lebendige Kraft zu vernichten, erfordert die gleiche Arbeit, wie sie zu erzeugen.

$$\text{Formel S. 18: } \psi_n \cdot 4 = \frac{700 \cdot 3,26^2}{2 \cdot 9,81} \quad \psi_n \text{ die mittlere Kraft, mit der die Reibung wirkt}$$

$$\psi_n = 94,8 \text{ K.}$$

Statt des Projectils von 6,9 K. soll mit derselben Ladung ein anderes von 7,5 K. verwendet werden.

Wie gross ist seine Anfangsgeschwindigkeit?

Die Gesamtarbeit der Pulverkraft ($\psi \cdot x = 23290 \cdot 1,67$) bleibt unverändert, nur die Vertheilung auf Geschoss und Geschütz ändert sich.

$$\text{Nach Seite 19: } x_1 \cdot 700 = x_2 \cdot 7,5$$

$$x_1 + x_2 = 1,67$$

x_1 die Wegstrecke, welche das Geschütz zurückgelegt hat, wenn das Geschoss die Seele verlässt = 0,0177

x_2 die Wegstrecke, welche das Geschoss zurückgelegt hat, wenn es die Seele verlässt = 1,6523.

Arbeit der Pulverkraft auf die Rücklaufgeschwindigkeit verwendet:

$$\text{Formel S. 18: } 23290 \cdot 0,0177 = \frac{700 \cdot v_1^2}{2 \cdot 9,81}$$

v_1 die Rücklaufgeschwindigkeit = 3,40

Arbeit der Pulverkraft auf die Anfangsgeschwindigkeit verwendet:

$$23290 \cdot 1,6523 = \frac{7,5 \cdot v_2^2}{2 \cdot 9,81}$$

v_2 die Anfangsgeschwindigkeit = 317,3

Die Rücklaufweite zu berechnen, benützt man obiges Resultat, dass die mittlere Reibung 94,8 K. beträgt.

Formel
Seite 15. $94,8 \cdot x_n = \frac{700 \cdot 3,40^2}{2 \cdot 9,81} x_n$ die neue Rücklaufweite

oder man setzt gleich die Proportion an:

$$\psi_n \cdot 4 : \psi_n \cdot x_n = \frac{700 \cdot 3,26^2}{2 \cdot 9,81} : \frac{700 \cdot 3,41^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$4 : x_n = 3,26^2 : 3,40^2$$

$$x_n = 4,37$$

Zusammenstellung der Resultate. Die grossen Ziffern gegeben, die kleinen berechnet.

Ladung.	Geschoss-gewicht.	Geschütz-gewicht.	Wegstrecke vom Geschossboden bis zur Mündung.	Anfangsgeschwindigkeit.	Wegstrecke, welche das Geschoss zurückgelegt hat, wenn es die Mündung verlässt.	Arbeit der Pulverkraft auf das Geschoss verwendet.	Rücklaufgeschwindigkeit.	Rücklaufweite.	Wegstrecke, welche das Geschütz zurückgelegt hat, wenn das Geschoss die Mündung verlässt, in M.	Arbeit der Pulverkraft auf das Geschütz verwendet.	Totalarbeit der Pulverkraft.	Mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt, in K.
0,6	6,9	700	1,67	331	1,654	$2,3290 \cdot 1,654 = 38522$ M. K.	3,26	4	0,016	$23290 \cdot 0,016 = 372$ M. K.	$23290 \cdot 1,67 = 38894$ M. K.	23290
0,6	7,5	700	1,67	317,3	1,652	$23290 \cdot 1,652 = 38498$ M. K.	3,4	4,37	0,017	$23290 \cdot 0,017 = 396$ M. K.	$23290 \cdot 1,67 = 38894$ M. K.	23290

Diese Zahlen geben einen ziemlich vollständigen Ueberblick.

Beispiele.

- 3) Das Schweizer Järgergewehr, Muster 1856, Gewicht der Waffe 4,65 K., Gewicht des Projectils 0,016, Anfangsgeschwindigkeit des Projectils 470 M., Entfernung vom Geschossboden bis zur Mündung 0,9 m.

Welchen Weg hat das Geschoss zurückgelegt, wenn es die Mündung verlässt?

0,8969 m.

Welchen Weg hat die Waffe zurückgelegt, wenn das Geschoss die Mündung verlässt?

0,0031 m.

Welche Rückstossgeschwindigkeit erhält die Waffe?

1,6172 m.

Wie gross ist die mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt?

200,9 K.

Die Feuerwaffe fest eingespannt, so dass sie sich nicht zurückbewegen kann, und die ganze Arbeit der Pulverkraft auf das Geschoss verwendet wird, — wie gross ist dessen Anfangsgeschwindigkeit?

470,8.

Anmerk. Die lebendige Kraft, welche die Feuerwaffe durch den Schuss erhält, ist der Massstab für den Rückstoss, den die Schulter des Schützen auszuhalten hat. Sie beträgt in vorliegendem Fall:

$$\frac{4,65 \cdot 1,6172^2}{2 \cdot 9,81} = 200,9 \cdot 0,0031 = 0,62 \text{ M. K.}$$

IV. Capitel.

Das Parallelogramm der Geschwindigkeiten,
das Gesetz der relativen Bewegung.

- 1) Das Parallelogramm der Geschwindigkeiten:

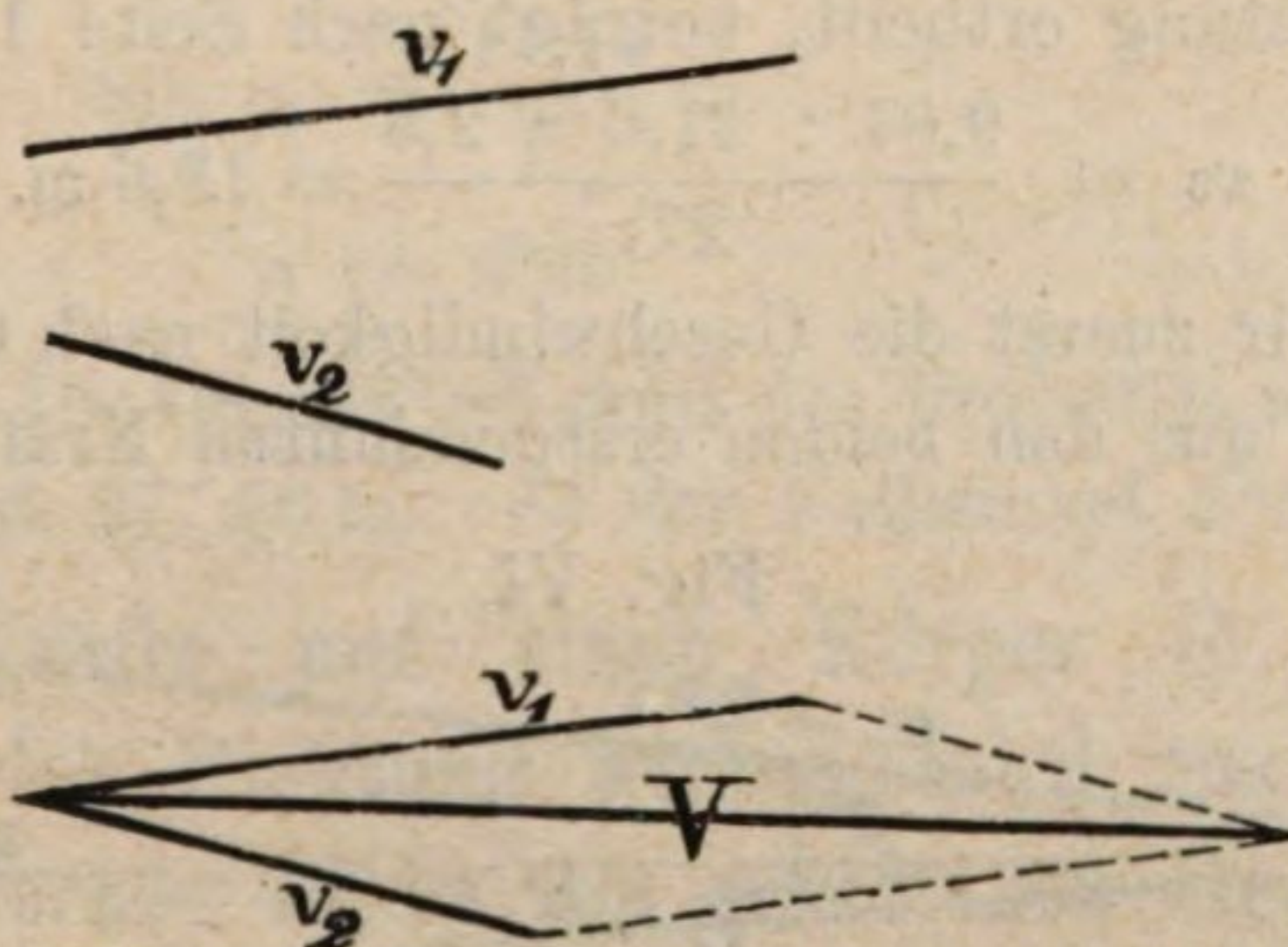
Zwei verschiedene Kräfte wirken gleichzeitig oder nacheinander auf einen Körper. Die Geschwindigkeit und

Richtung seiner Bewegung nach Verlauf einer bestimmten Zeit soll festgestellt werden.

Masse des Körpers, Richtung, Intensität, Dauer der Einwirkung der beiden Kräfte ist gegeben.

Man bestimmt nach Grösse und Richtung die beiden Geschwindigkeiten (v_1 u. v_2), welche der Körper durch jede einzelne der beiden Kräfte von der Ruhe aus in der betreffenden Zeit erhält und construirt aus diesen Geschwindigkeiten ein Parallelogramm, dessen Diagonale (V) die gesuchte Geschwindigkeit nach Grösse und Richtung darstellt.

Fig. V.



In ähnlicher Weise kann der Einfluss beliebig vieler Kräfte in Rechnung gebracht, das Zusammenziehen zweier Geschwindigkeiten in eine, so oft als nöthig, wiederholt werden.

Beispiele.

- 1) Die 24 pfünder Granate soll unter einem Elevationswinkel von 20° und mit einer Geschwindigkeit von 297 m. die Seele verlassen. Gewicht des Projectils 27 K.

Grösse und Richtung ihrer Geschwindigkeit nach 2,5 Secunden soll bestimmt werden.

Auf den Körper wirkt:

1. die Pulverkraft, welche ihm die Geschwindigkeit von 297 m. ($= v_1$) in der Axenrichtung ertheilt,
2. die Schwere, 2,5 Secunden lang.

Diese Kraft ertheilt einem Körper von der Ruhe aus in der genannten Zeit eine Geschwindigkeit senkrecht abwärts
 $= 2,5 \cdot 9,81 = 24,5 \text{ m.} = v_2$ (Seite 15)

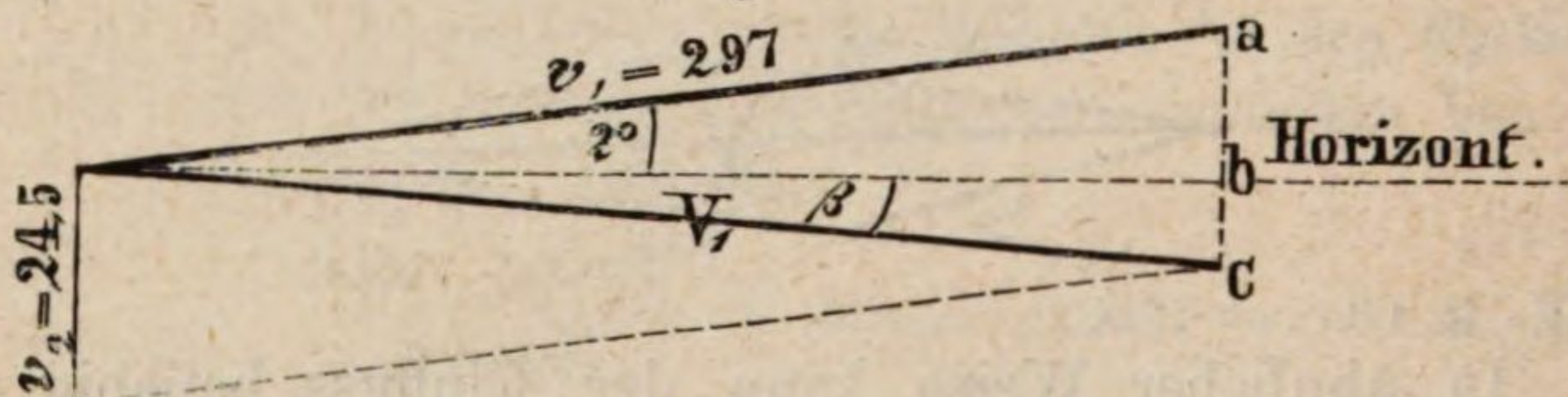
3. der Luftwiderstand.

Die Richtung desselben ist der Bewegungsrichtung nahezu entgegengesetzt, die Intensität von der Geschwindigkeit des Körpers abhängig; beide Grössen sind demnach variabel; so lange erstere nahezu horizontal und die Geschwindigkeitsdifferenzen gering, kann annähernd eine horizontale constante Kraft seine Stelle vertreten. Ihre Intensität soll zu 21,6 K. angenommen werden. Die Geschwindigkeit, welche dieselbe in 2,5 Secunden dem Körper von 27 K., der Bewegung entgegengesetzt, in horizontaler Richtung ertheilt, beträgt nach Seite 11:

$$v_3 = \frac{9,81 \cdot 21,6 \cdot 2,5}{27} = 19,6 \text{ m.}$$

Berechnen wir zuerst die Geschwindigkeit nach Grösse und Richtung, wie sie aus den beiden erstgenannten Kräften resultirt.

Fig. VI.



$$\gamma = 90^\circ + 2^\circ = 92^\circ$$

$$V_1 = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2 v_1 \cdot v_2 \cos (2r - 8)} = \sqrt{297^2 + 24,5^2 - 2 \cdot 297 \cdot 24,5 \cdot \cos 88^\circ}$$

$$V_1 = 297,15$$

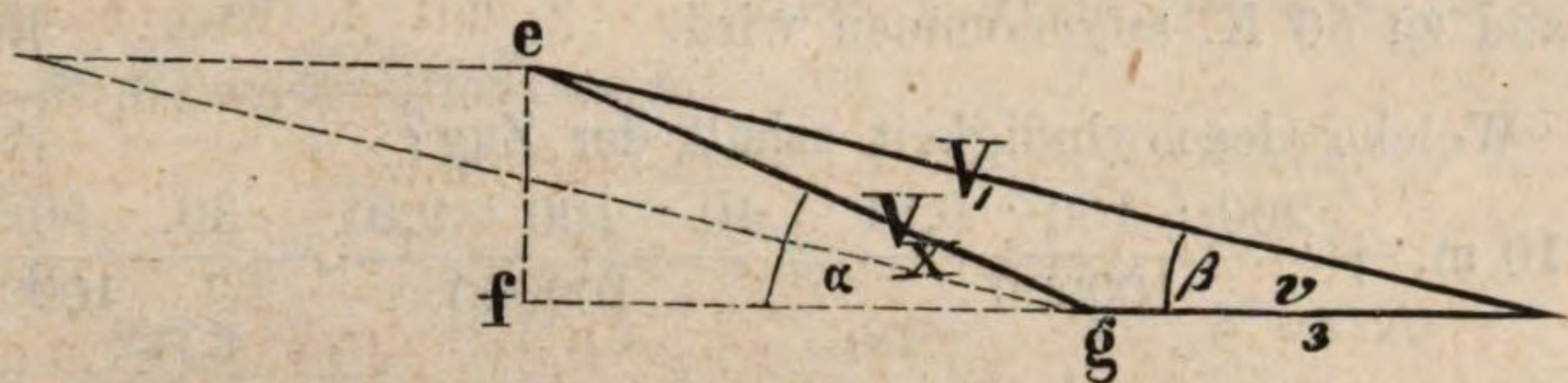
Die Richtung von V_1 wird durch den Winkel mit der Horizontal-
 linie ($= \beta$) bestimmt:

$$\cos \beta = \frac{297 \cos 2^\circ}{V_1},$$

oder auch $\sin \beta = bc$ $bc = 24,5 - 297 \sin 2^\circ$
 $\beta = 2^\circ 43'$

Aus V_1 und v_3 wird wieder in analoger Weise ein Parallelogramm construiert, dessen Diagonale nach Richtung und Grösse die gesuchte Geschwindigkeit darstellt.

Fig. VII.



$$eg = V_x$$

$$V_x = \sqrt{297,15^2 + 19,6^2 - 2 \cdot 19,6 \cdot 297,15 \cos 2^{\circ}43'}$$

$$V_x = 277,56$$

Den Winkel, welchen V_x mit dem Horizont bildet, zu finden:

$$ef = V_1 \sin 2^{\circ}43' = 14,14$$

$$\sin \alpha = \frac{14,14}{V_x} =$$

$$\alpha = 2^{\circ}55'$$

Resultat: Die Geschwindigkeit des Projectils nach 2,5 Secunden beträgt 277,56 m. und der Fallwinkel $2^{\circ}55'$.

Wenn Kräfte auf einen Körper in gleicher oder entgegengesetzter Richtung wirken, wird aus dem Parallelogramm eine gerade Linie, die erhaltenen Geschwindigkeiten sind einfach zu addiren oder zu subtrahiren.

Beispiele.

- 1) Aus einem senkrecht gestellten Mörser wird eine Bombe geworfen. Ihre Geschwindigkeit beträgt 100 m.

Mit Ausserachtlassung des Luftwiderstandes soll bestimmt werden:

- a) welche Geschwindigkeit sie nach 3 Secunden hat:

$$v_x = 100 - 3 \cdot 9,81$$

- b) wie lange sie steigt:

$$v_y = 0 = 100 - t \cdot 9,81$$

$$t = \frac{100}{9,81}$$

- c) welche Geschwindigkeit sie nach 15 Secunden hat:

$$v_z = 100 - 15 \cdot 9,81$$

- 2) An einem Bahnzug von 100,000 K. Masse, mit 10 m. Geschwindigkeit, wirkt die Locomotive 100 Secunden lang mit 200 K. Kraft, die Reibung ebenso lang mit 40 K. entgegen, ausserdem noch 30 Secunden lang ein starker Gegenwind, dessen mittlerer Widerstand zu 50 K. angenommen wird.

Welche Geschwindigkeit erhält der Zug?

$$v_x = 10 \text{ m.} + \frac{200 \cdot 100 \cdot 9,81}{100000} - \frac{40 \cdot 100 \cdot 9,81}{100000} - \frac{30 \cdot 50 \cdot 9,81}{100000}$$

Die Resultante mehrerer Geschwindigkeiten zu finden, kann mit Vorthail auch folgender Weg eingeschlagen werden:

Jede Geschwindigkeit wird in die drei Axenrichtungen zerlegt, die erhaltenen Componenten zusammengenommen und schliesslich die Diagonale hergestellt.

Wenn die Geschwindigkeiten in einer Ebene liegen, braucht man natürlich nur zwei Axen.

Beispiele.

- 1) Das Beispiel Seite 26 in der angegebenen Weise gelöst, ergibt folgendes:

Die Horizontalgeschwindigkeit setzt sich zusammen aus der Projection der Anfangsgeschwindigkeit und der Geschwindigkeit, welche der Luftwiderstand erzeugt.

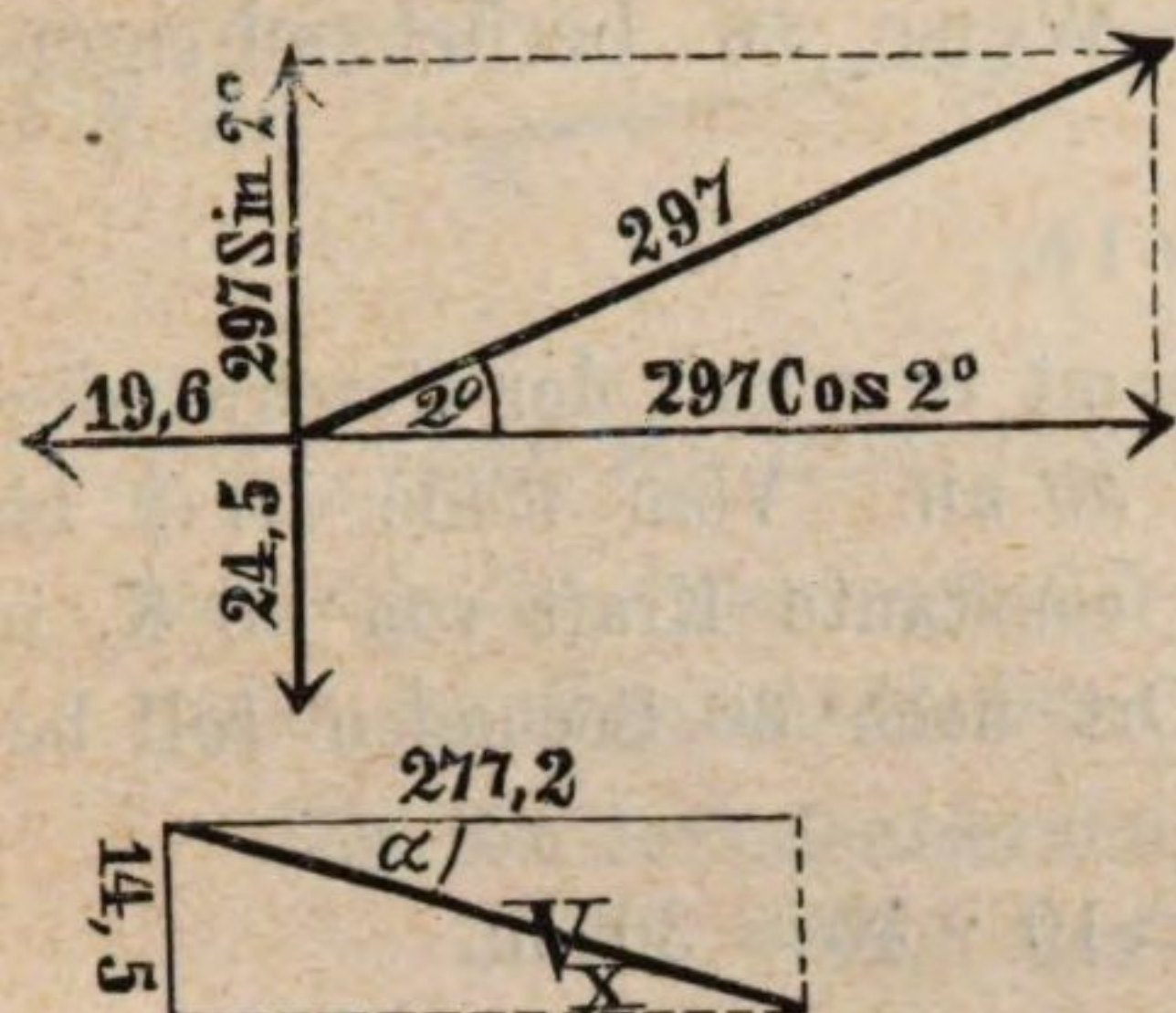
$$\begin{aligned} 297 \cos 2^\circ - 19,6 \\ = 277,2 \end{aligned}$$

Die Vertikalgeschwindigkeit entsteht aus der vertikalen Componente der Anfangsgeschwindigkeit und der Fallgeschwindigkeit nach 2,5 Secunden.

$$\begin{aligned} 297 \sin 2^\circ - 24,5 \\ = -14,14 \end{aligned}$$

Die Hypothenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen beide Katheten 277,2 und 14,4, bezeichnet die Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung.

Fig. VIII.



$$V_x = \sqrt{277,2^2 + 14,14^2} = 277,55$$

$$\text{Tg } \alpha = \frac{14,14}{277,2}$$

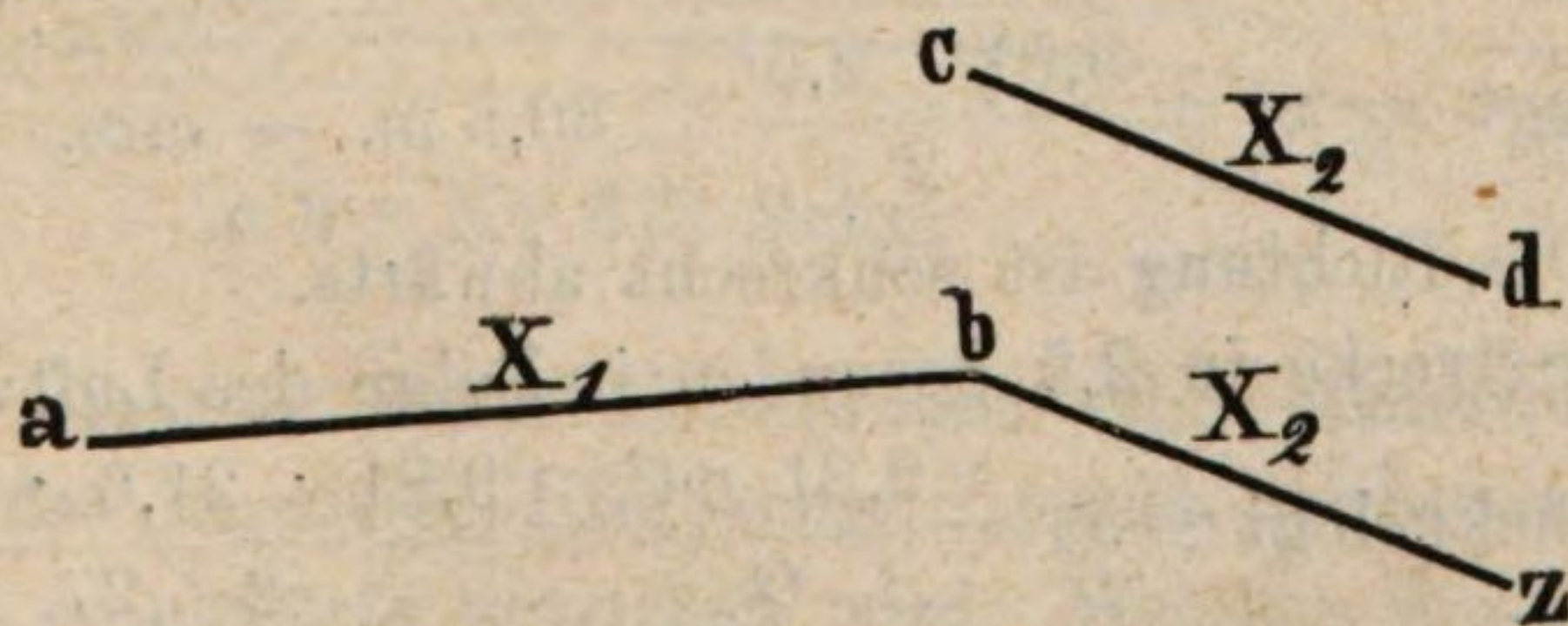
$$\alpha = 2^\circ 55' 20''$$

2) Gesetz der relativen Bewegung.

Verschiedene bekannte Kräfte wirken gleichzeitig oder ungleichzeitig auf einen Körper. Sein Ort nach der Zeit t soll bestimmt werden.

Man sucht zuerst die Wegstrecke nach Grösse und Richtung, welche der Körper unter dem Einflusse der ersten Kraft allein nach der Zeit t zurückgelegt haben würde (x_1); ebenso verfährt man mit der zweiten Kraft. Die entsprechende Wegstrecke sei x_2 . Beide Wegstrecken aneinander gestossen, bezeichnet das Ende dieser gebrochenen Linie (z) den gesuchten Ort. Jede weitere während der genannten Zeit wirksame Kraft wird analog in Rechnung gebracht.

Fig. IX.



Hat der Körper am Nullpunkt schon eine Geschwindigkeit in bekannter Richtung, so ist die Wegstrecke, welche

er in der Zeit t in Folge seines Beharrungsvermögens zurücklegen würde, in gleicher Weise zu berücksichtigen.

Beispiele.

- 1) Ein Körper von 10 K. Gewicht kommt in a mit der Geschwindigkeit von 10 m. in der Richtung ab an. Vom Ende der 2. bis Ende der 6. Secunde wirkt eine constante Kraft von 20 K. in der Richtung cd auf ihn. Sein Ort nach 30 Secunden soll bestimmt werden.

$$\text{Erste Wegstrecke} = x_1 = 10 \cdot 30 = 300 \text{ m.}$$

Die zweite Wegstrecke besteht aus 2 Theilen, erstens die Wegstrecke, welche dieser Körper von der Ruhe aus, angetrieben durch die Kraft, am Ende der 6. Secunde (4 Secunden Kraft-einwirkung) zurückgelegt hat $\left(\frac{9,81 \cdot 20 \cdot 4^2}{2 \cdot 10} = 156,9 \text{ m.}\right)$; zweitens die Wegstrecke, welche er von da an, in Folge der erhaltenen Geschwindigkeit $\left(v = \frac{9,81 \cdot 20 \cdot 4}{10} = 78,5 \text{ m.}\right)$, nach dem Gesetz vom Beharrungsvermögen der Körper, durchheilt. Dieser 2. Theil der 2. Wegstrecke beträgt $(30 - 6) \cdot 78,5 = 24 \cdot 78,5 = 1884 \text{ m.}$

$$\text{Zweite Wegstrecke} = x_2 = 156,9 + 1884 = 2040,9$$

- 2) Anknüpfend an das Beispiel Seite 27. soll der Ort der 24 pfünder Granate nach 2,5 Secunden gefunden werden Anfangsgeschwindigkeit des Projectils 297 m., Gewicht des Projectils 27 K., Luftwiderstand 21,6 K.

Es sind folgende 3 Wegstrecken aneinander zu stoßen:

- 1) Wegstrecke in 2,5 Secunden in Folge des Beharrungsvermögens zurückgelegt $= x_1 = 2,5 \cdot 297 = 742,5 = ac_1$.

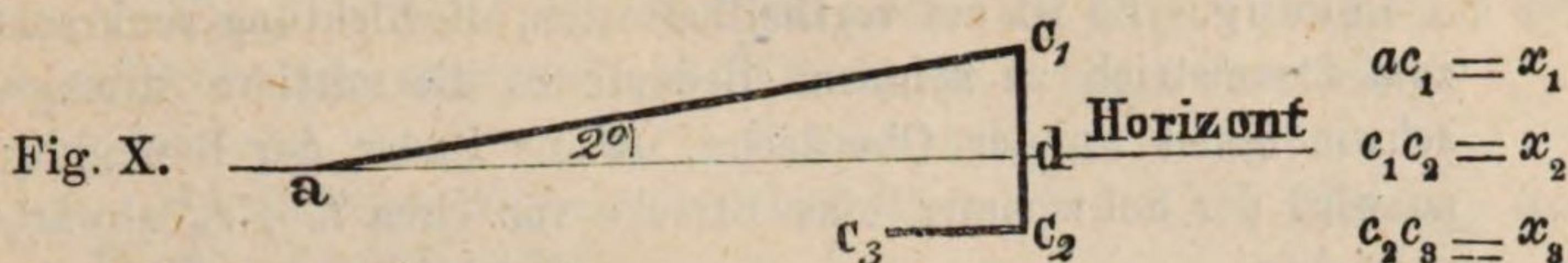
Die Richtung ist die der Anfangsgeschwindigkeit.

- 2) Wegstrecke in 2,5 Secunden in Folge der Schwere zurückgelegt $= x_2 = \frac{9,81 \cdot 2,5^2}{2} = 30,5 \text{ m.} = c_1 c_2$.

Die Richtung ist senkrecht abwärts.

- 3) Wegstrecke in 2,5 Secunden in Folge des Luftwiderstandes zurückgelegt $= x_3 = \frac{9,81 \psi t^2}{G} = \frac{9,81 \cdot 21,6 \cdot 2,5^2}{2 \cdot 27} = 24,6$

Die Richtung ist horizontal rückwärts. $= c_1 c_3$



$c_1d = 742,5 \sin 2^\circ = 25,9 \text{ m.}$; $c_1c_2 = 30,5 \text{ m.}$; folglich befindet sich das Geschoss nach 2,5 Secunden schon $30,5 - 25,9 = 4,6 \text{ m.}$ unter der Horizontallinie.

Die Horizontalentfernung vom Geschütz beträgt
 $742,5 \cos 2^\circ - 24,6 = 717,5 \text{ m.}$

- 3) Wie lange braucht dasselbe Geschoss unter gleichen Verhältnissen bis an den Schnittpunkt seiner Bahn mit der Horizontallinie, und wie weit ist derselbe vom Geschütz entfernt, oder gleichbedeutend, wie gross ist die entsprechende Schussdistanz. (Elevationswinkel 2° .) Sei t_x die gesuchte Flugdauer.

$$297 t_x \sin 2^\circ = \frac{9,81 t_x^2}{2}$$

$$t_x = 2,113$$

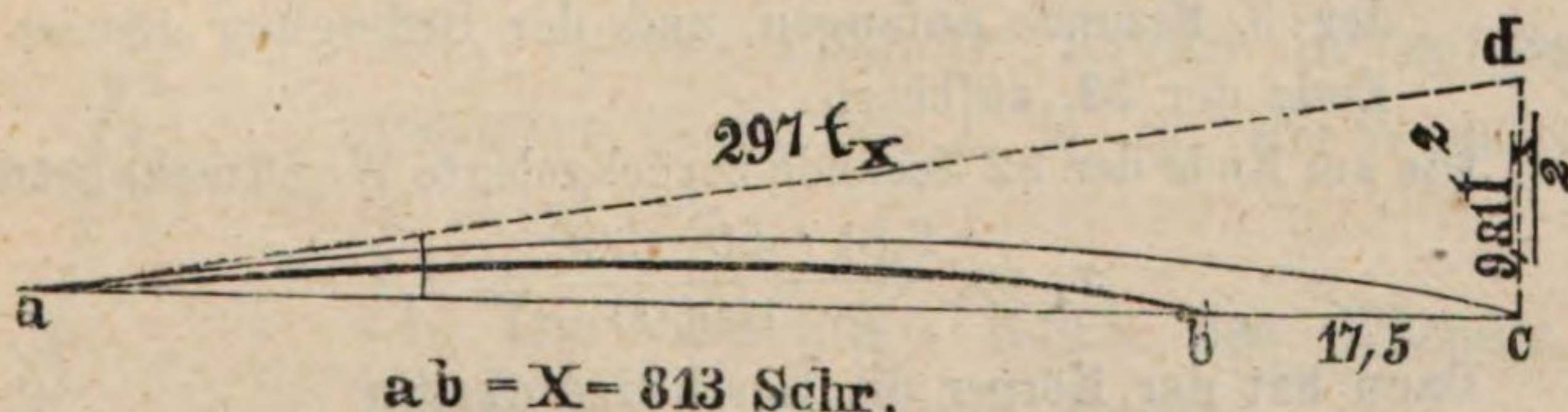
Die entsprechende Schussdistanz.

$$x = 297 \cdot t_x \cdot \cos 2^\circ - \frac{9,81 \cdot 21,6 \cdot t_x^2}{2 \cdot 27} =$$

$$= 627,3 - 17,5 = 609,8 \text{ m.} = 813 \text{ Schr.}$$

Die preussischen Schiesstafeln, welchen alle Angaben entnommen sind, geben die Schussweite bei 2° Elevation zu 800 Schr. an.

Fig. XI.



- 4) Es will Jemand durch Schwimmen oder Rudern so rasch als möglich das jenseitige Ufer eines Stromes gewinnen, gleichgültig wie weit er abwärts getrieben wird. Welchen Winkel zum Stromstrich muss er einhalten? Wie weit wird er abwärts getrieben?

Lösung. Es ist am vortheilhaftesten, die Richtung senkrecht zum Stromstrich zu nehmen. Bedeute v_n die mittlere Stromgeschwindigkeit an der Oberfläche, t_n die Dauer der Bewegung, so wird der Schwimmer eine Strecke von circa $t_n \cdot v_n$ abwärts getrieben.

Wirken die Kräfte in einer Richtung, so sind die betreffenden Wegstrecken einfach mit Rücksicht auf die Vorzeichen zu summiren.

Beispiele.

1) Anknüpfend an das Beispiel 2 Seite 30, soll der Ort des fraglichen Bahnzugs nach 100 Secunden bestimmt werden.

a) Anfangsgeschwindigkeit 10 m. Entsprechende Wegstrecke in 100 Secunden $= 10 \cdot 100 = 1000 \text{ m.} = x_1$.

b) Mittlere Kraft der Locomotive 200 K.; Dauer der Einwirkung 100 Secunden; Masse des Körpers 100,000 K.

Entsprechende Wegstrecke nach Seite 14:

$$x_2 = \frac{9,81 \cdot 200 \cdot 100^2}{2 \cdot 100000} = 98,1$$

c) Die Wegstrecke, welche der Bahnzug unter dem Einfluss einer Kraft gleich der Reibung zurücklegt:

$$x_3 = \frac{9,81 \cdot 40 \cdot 100^2}{2 \cdot 100000} = 19,62$$

d) Die Wegstrecke zu bestimmen, welche der Körper, von der Ruhe aus, unter dem Einfluss eines 50 K. starken und 30 Secunden lang wirkenden Gegenwindes bis zum Ende der hundertsten Secunde zurücklegen würde, muss die Zeit bekannt sein, wann er gewirkt hat. Derselbe soll mit der 3. Secunde anfangen, und der Bedingung gemäss mit Ende der 32. aufhören.

Die am Ende der 32 Secunde zurückgelegte Wegstrecke beträgt:

$$x_4 = \frac{9,81 \cdot 50 \cdot 30^2}{2 \cdot 100000} = 2,2$$

Dann hat der Körper die Geschwindigkeit:

$$v_4 = \frac{9,81 \cdot 50 \cdot 30}{100000} = 0,15,$$

und legt mit dieser Geschwindigkeit in Folge seines Beharrungsvermögens in der Zeit von der 32. bis 100. Secunde die Wegstrecke $0,15 (100 - 32) = 11,7 \text{ m.}$ zurück.

Die ganze in Folge der letztgenannten Kraft nach Ablauf der 100 Secunde zurückgelegte Wegstrecke beträgt demnach:

$$2,2 + 11,7 = 13,9 \text{ m.}$$

Sümmtliche Wegstrecken mit Rücksicht auf die Richtung der Kräfte summiert, erhält man:

$$X = x_1 + x_2 - x_3 - x_4 = 1000 + 98,1 - 19,6 - 13,9$$

$$X = 1064,6$$

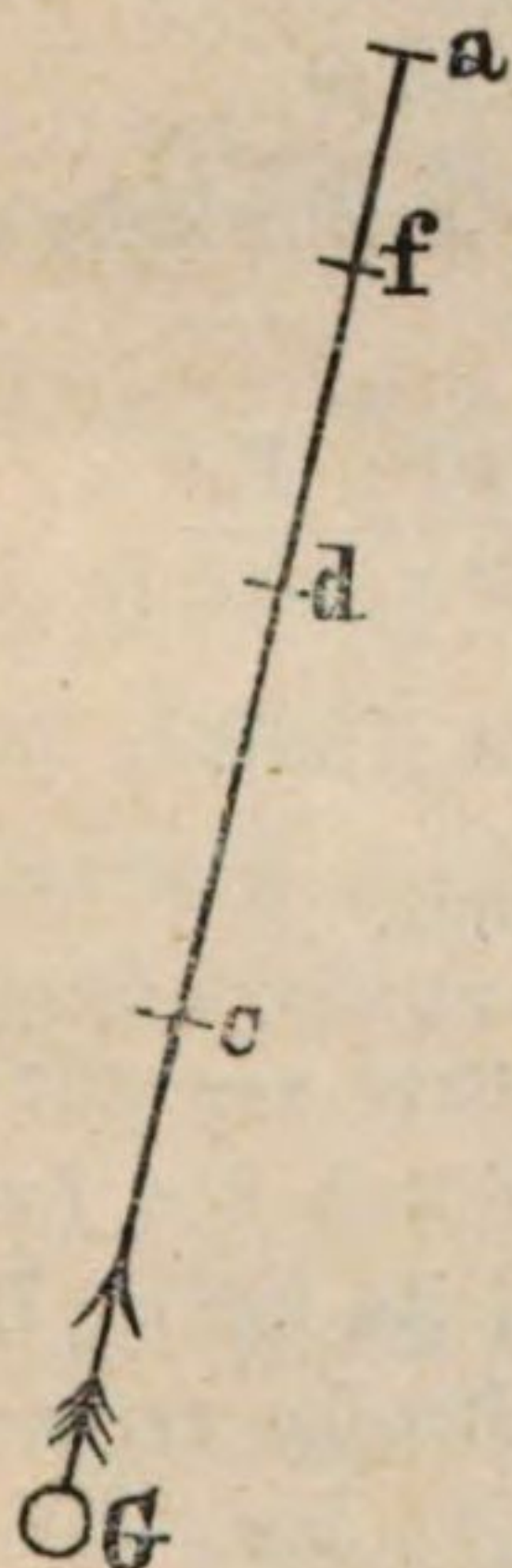
Den Ort eines von verschiedenen Kräften angegriffenen Körpers nach einer gegebenen Zeit zu finden, kann auch folgender Weg eingeschlagen werden:

Man zerlegt jede Kraft in die drei Axenrichtungen, bestimmt die entsprechenden Wegstrecken, summiert die zusammengehörigen und stellt die Diagonale her.

Liegen die Kräfte in einer Ebene, braucht man nur zwei Axen.

Lebendige Kraft, welche durch die Arbeit mehrerer Kräfte, die in einer Richtung wirken, erzeugt wird.

Fig. XII.



Sei G ein Körper, der entweder ruht, oder eine Geschwindigkeit in der Richtung Ga besitzt. Während er den genannten Weg zurücklegt, wirken in gleicher Richtung mehrere Kräfte auf ihn, z. B. ψ_1 die Wegstrecke $Ga = x_1$, ψ_2 die Wegstrecke $cd = x_2$ etc., ebenso mehrere Kräfte in entgegengesetzter Richtung, z. B. ψ_3 die Wegstrecke $fa = x_3$ etc.

Die lebendige Kraft des Körpers im Punkt a soll bestimmt werden.

Diese ist gleich der Summe der lebendigen Kräfte, welche den Arbeiten der einzelnen Kräfte entsprechen, plus der, welche der Körper schon vorher hatte. Negativen Kräften entspricht natürlich negatives Vorzeichen.

Durch eine Formel ausgedrückt:

$$A \left\{ \begin{array}{l} \frac{GV^2}{2 \cdot 9,81} + \psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \dots - \psi_3 x_3 - \dots = \\ \frac{GV^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{Gv_1^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{Gv_2^2}{2 \cdot 9,81} + \dots - \frac{Gv_3^2}{2 \cdot 9,81} \\ = \frac{GV_n^2}{2 \cdot 9,81} \\ V_n^2 = V^2 + v_1^2 + v_2^2 + \dots - v_3^2 \end{array} \right.$$

G Gewicht des Körpers

V Geschw. des Körpers
am Punkt G

V_n Geschw. des Körpers
am Punkt a

$$\psi_1 x_1 = \frac{Gv_1^2}{2 \cdot 9,81}, \quad \psi_2 x_2 = \frac{Gv_2^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$\psi_3 x_3 = \frac{Gv_3^2}{2 \cdot 9,81}$$

Beispiele.

- 1) Sei G ein frei im Raume schwebender Körper von 10 K. Gewicht; seine Geschwindigkeit in der Richtung Ga sei 100 m.; $\psi_1 = 20$ K. wirkt von G bis $a = 50$ m.; $\psi_2 = 50$ K. wirkt von c bis $d = 5$ m.; $\psi_3 = 40$ K. wirkt entgegengesetzt von f bis $a = 40$ m.

Die lebendige Kraft des Körpers und seine Geschwindigkeit am Punkt a wird gesucht.

$$\frac{10 \cdot 100^2}{2 \cdot 9,81} + 20 \cdot 50 + 50 \cdot 5 - 40 \cdot 40 = \frac{10 \cdot V_n^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$4746,8 = \frac{10 \cdot V_n^2}{2 \cdot 9,81} \text{ ist die gesuchte lebendige Kraft,}$$

$$V_n = 96,5 \text{ ist die gesuchte Geschwindigkeit.}$$

- 2) Die Anfangsgeschwindigkeit der 24pfünder Granate von 297 m. reducirt sich bei einer Schussweite von 150 m. durch den Luftwiderstand auf 293 m. (preussische Schusstafeln Seite 245). Der flache Bogen der Bahn kann auf diese kurze Strecke vernachlässigt, der Weg als geradlinig angenommen werden. Diess vorausgesetzt, soll die mittlere Kraft des Luftwiderstandes gefunden werden.

$$\begin{array}{lcl} \text{Analog} & \frac{27 \cdot 297^2}{2 \cdot 9,81} - \psi \cdot 150 = \frac{27 \cdot 293^2}{2 \cdot 9,81} & \psi \text{ die mittlere} \\ \text{Gleichung A.} & \psi = 21,7 \text{ K.} & \text{Kraft des} \\ & & \text{Luftwider-} \\ & & \text{standes.} \end{array}$$

Bemerkung. Eine der wichtigsten passiven Kräfte oder Widerstände ist die Reibung. Der Bewegung gerade entgegengesetzt und unabhängig von der Geschwindigkeit kann sie in der Regel als eine negative constante Kraft in Rechnung gebracht werden.

- 3) Ein Eisenbahnzug von 100,000 K. Masse wird durch eine Locomotive in Bewegung gesetzt, welche die ersten 100 m. mit einer mittleren Kraft von 400 K., die nächsten 200 m. mit 800 K. wirkt. Der mittlere Reibungswiderstand betrage 100 K. Welche Geschwindigkeit hat der Zug nach Zurücklegung von 300 m.?

$$100 \cdot 400 + 200 \cdot 800 - 100 \cdot 300 = \frac{100000 V^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$V = 5,77 \text{ m.}$$

Wenn der Körper nach Einwirkung der Kräfte wieder in Ruhe, also ihre Gesamtarbeit keine lebendige Kraft erzeugt, muss folgende Gleichung stattfinden:

$$B \left\{ \begin{array}{l} \psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \dots - \psi_3 x_3 - \dots = 0 \\ \psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \dots = \psi_3 x_3 + \dots \end{array} \right.$$

Wenn $\psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \dots = \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$, muss auch gelten: $\psi_3 x_3 + \dots = \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$, was bedeutet, dass zur Vernichtung und Erzeugung einer lebendigen Kraft gleich viel Arbeit nöthig. Die Arbeit der Kräfte, welche z. B. ein Geschoss aufhält, ist genau so gross, wie die, welche seine Geschwindigkeit erzeugt.

Beispiele.

- 1) In obigem Beispiel 3 soll bestimmt werden, wie weit der Zug noch läuft, wenn nach erwähnten 300 m. Wegstrecke die Locomotive zu wirken aufhört, die Reibung aber in gleicher Stärke (100 K.) ihre Wirkung fortsetzt.

$$100 \cdot 400 + 200 \cdot 800 = 100 \cdot 300 + 100 \cdot x$$

$$x = 1700 \text{ m.}$$

Wenn der Zug im Ganzen $(1700 + 300)$ m. zurückgelegt hat, steht er wieder still.

- 2) Ein Rammklotz von 100 K. Gewicht fällt 5 m. hoch auf einen Pfahl herunter, der in Folge dessen 0,05 m. tief eingetrieben wird. Wie gross ist die mittlere Kraft, mit der der Klotz gewirkt hat?

$$100 \cdot 5 = \psi \cdot 0,05$$

$$\psi = 100000 \text{ K.}$$

Gleichung B wird bei Beurtheilung aller Kraftübersetzungen angewendet, wenn die Geschwindigkeit einer Maschine entweder gleichmässig erhalten werden soll, oder dieselbe am Anfang und Ende der Bewegung gleich Null ist.

Hebel, Rad an der Welle, Flaschenzug, Zahnrad gehören hieher.

Bei all' den genannten Maschinen handelt es sich um Kraft einerseits und Last oder Widerstand anderseits. Das ideale Gleichgewichtsverhältniss zwischen beiden knüpft sich an folgende Bedingung:

$$\psi_1 x_2 = \psi_2 x_1$$

$$x_1 : x_2 = \psi_2 : \psi_1$$

ψ_1	Kraft
x_1	Weg der Kraft
ψ_2	Last oder Widerstand
x_2	Weg der Last oder des Widerstandes

Der geringste Kraftüberfluss nach der einen oder andern Seite leitet die Bewegung ein. Dieses ideale Verhältniss wird durch die Reibung um so mehr modificirt, je zahlreicher die ineinander greifenden Maschinentheile.

Beispiele.

- 1) Mit einem Hebzeug sollen 2000 K. 2 m. hoch gehoben werden. Der Arbeitsverlust durch die Reibung in den Maschinentheilen wird gesucht.

Die nöthige Arbeit beträgt jedenfalls mehr als $2000 \cdot 2 = 4000$ m. K. Der Ueberfluss ist die fragliche Grösse.

Geometrisch hat man festgestellt, dass die Kraft eine Wegstrecke von 100 m. zurücklegen muss, damit die gegebene Last

2 m. hoch gehoben wird. Das ideale Gleichgewicht zwischen Kraft und Last wird demnach hergestellt sein, wenn

$$\begin{array}{ll} \varphi_1 \text{ die Kraft, welche der Last} & \psi_1 \cdot 100 = 2 \cdot 2000 \\ \text{von 2000 K. am Hebzeug} & \\ \text{das Gleichgewicht hält.} & \psi_1 = 40 \text{ K.} \end{array}$$

Die Reibung kennen zu lernen, wird man die eben genannte Kraft so lange vermehren, bis sich die Bewegung, bei leisem Anstoss, fortsetzt. Beträgt die nöthige Vermehrung 10 K., so ist $10 \text{ K.} \cdot 100 \text{ m.} = 1000 \text{ m. K.}$ der gesuchte Arbeitsverlust.

Abschnitt II.

Gesetze der parabolischen Theorie.

Man versteht darunter die Gesetze der Bewegung eines Körpers unter dem Einfluss der Schwere, mit Ausserachtlassung des Luftwiderstandes. Die Resultate nähern sich der Wahrheit um so mehr, je grösser die Masse des Körpers im Vergleich zu seinem Luftwiderstand. Die Bahnlinie ist immer eine Parabel, daher der Name. Mit der Anfangsgeschwindigkeit und dem Elevationswinkel ist die Bewegung festgestellt. Wir bestimmen erstens den Ort des Körpers nach einer gegebenen Zeit und die Gleichung der Bahnlinie, zweitens die entsprechende Geschwindigkeit und Richtung seiner Bewegung, drittens die Beziehungen zwischen den erstgenannten Grössen und der Wurfweite.

Anmerk. Die folgenden Gesetze sind zum Theil Wiederholungen, die aber, des Zusammenhangs halber, nicht umgangen werden konnten.

1) *Beziehungen zwischen Anfangsgeschwindigkeit, Elevationswinkel, Flugdauer und Ort.*

Anwendung des Gesetzes der relativen Bewegung.

Fig. XIII.

V die Anfangsgeschwindigkeit
 α der Elevationswinkel

Der Ort (c) des Körpers nach der Zeit t_n wird gesucht.
Wegstrecken, welche nach dem Gesetze der relativen Bewegung aneinander gestossen werden müssen:

$$ab = Vt_n$$

$$bc = \frac{9,81}{2} t_n^2$$

Dadurch erhält man den gesuchten Punkt c.

Die Coordinaten des Punktes

$$\left. \begin{array}{l} X_n = Vt_n \cos \alpha \\ c, X_n = ak \text{ u. } Y_n = kc, Y_n = Vt_n \sin \alpha - \frac{9,81}{2} t_n^2 \end{array} \right\} A$$

Die beiden Gleichungen enthalten 5 Veränderliche, X_n, Y_n, V, t_n, α . Drei davon bekannt, können die übrigen berechnet werden.

Beispiele.

Eine 24pfünder Granate wird unter 8° mit 140 m. Geschwindigkeit geworfen. Wo befindet sich das Geschoss nach 4 Secunden?

$$X_n = 140 \cdot 4 \cdot \cos 8^\circ = 713,01 \text{ m.},$$

$$Y_n = 140 \cdot 4 \sin 8^\circ - \frac{9,81}{2} \cdot 4^2 = 21,6 \text{ m.}$$

Aus den Gleichungen A t_n eliminirt, erhält man die Gleichung der Bahnlinie:

$$Y_n = X_n \operatorname{Tg} \alpha - \frac{9,81 X_n^2}{V^2 \cos^2 \alpha}, \quad \begin{array}{l} X_n \text{ und } Y_n \text{ die Coordinaten} \\ \text{der Bahn.} \end{array}$$

oder auch, wenn X die Wurfweite bezeichnet, da

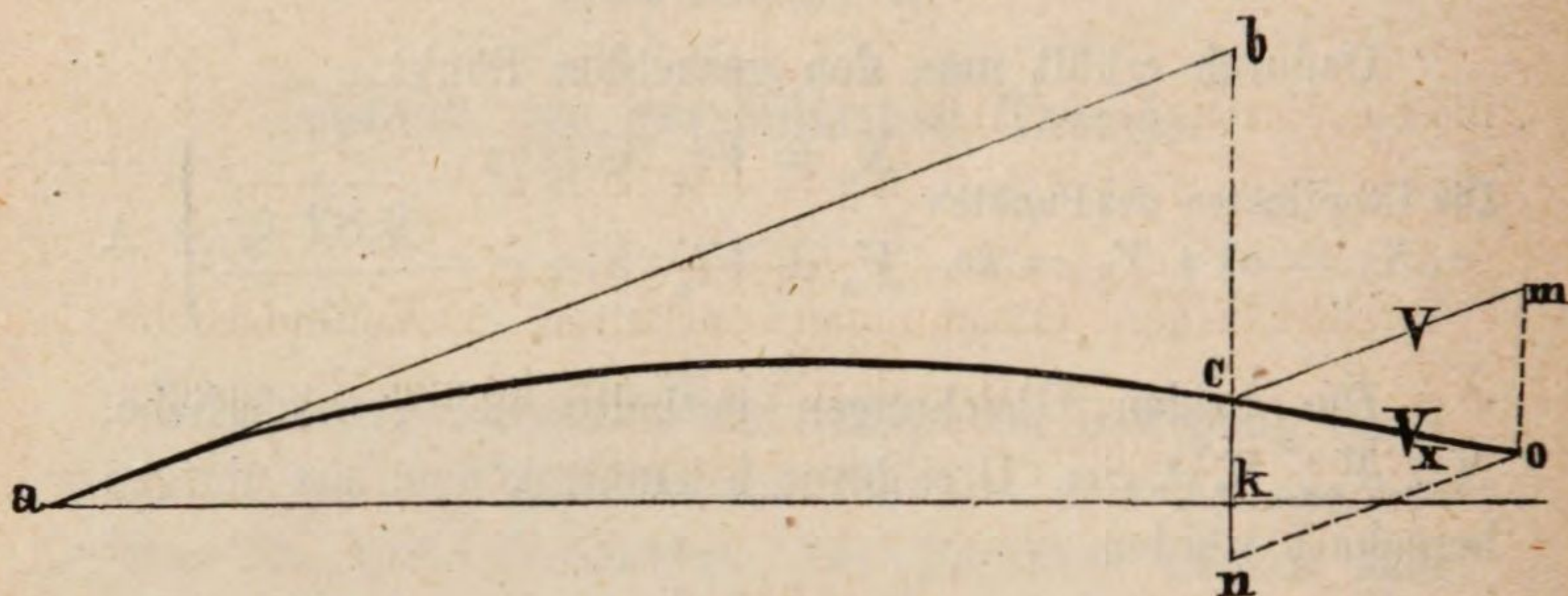
$$V^2 = \frac{9,81 X}{2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}, \quad (\text{Seite 43})$$

$$Y_n = X_n \operatorname{Tg} \alpha - \frac{2X_n^2 \operatorname{Tg} \alpha}{X}$$

2) *Geschwindigkeit und Richtung, der Bewegung an verschiedenen Punkten der Bahn:*

Anwendung des Parallelogramms der Geschwindigkeiten.

Fig. XIII



Die Geschwindigkeit (V_x) des Körpers nach der Zeit t wird durch die Diagonale (co) eines Parallelogramms ($cmon$) dargestellt.

cm gleich der Anfangsgeschwindigkeit V ,

$cn = 9,81 t$, die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers nach der Zeit t .

$$\angle mcn = 90 + \alpha, \quad \angle cno = 90 - \alpha$$

$$\text{daraus } V_x = \sqrt{V^2 + (9,81 t)^2 - 2 V \cdot 9,81 \cdot t \cos 90 - \alpha}$$

$$B \left\{ \begin{array}{l} V_x = \sqrt{V^2 + (9,81 t)^2 - 2 V \cdot 9,81 \cdot t \sin \alpha} \\ \text{Sei } \beta \text{ der Einfallwinkel bei } c, \text{ so ist} \\ \cos \beta = \frac{V \cos \alpha}{V_x} \end{array} \right.$$

Beispiele.

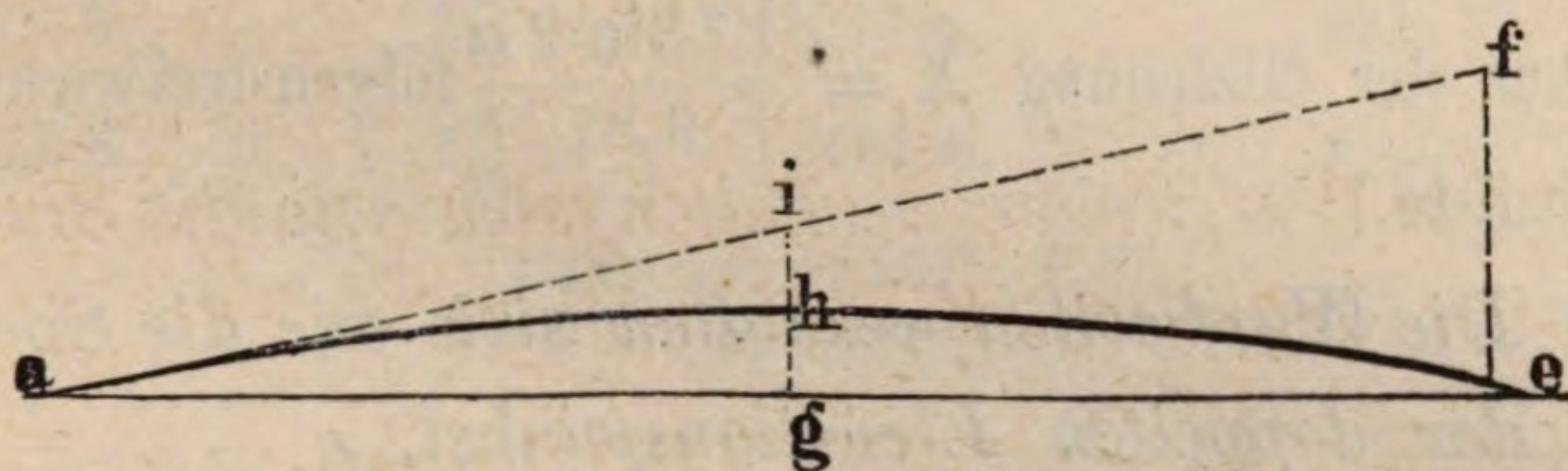
- 1) Anschliessend an das vorige Beispiel, soll die Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung des Projectils nach 4 Secunden bestimmt werden.

$$V_x = \sqrt{180^2 + (9,81 \cdot 4)^2 - 2 \cdot 180 \cdot 4 \cdot \sin 8^\circ} = 178,8 \text{ m.}$$

$$\cos \beta = \frac{180 \cdot \cos 8^\circ}{178,8}$$

$$\beta = 4^\circ 30'$$

3) Beziehungen zwischen Anfangsgeschwindigkeit, Elevationswinkel, Wurfweite.



$ae = X$, die Wurfweite

hg die Pfeilhöhe

fe die Fallhöhe

In der Gleichung A die Grösse $Y_n = 0$ gesetzt, wird das entsprechende $X_n = X$ (der Wurfweite).

$$C \begin{cases} X = Vt \cos \alpha, & X = \frac{2 V^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{9,81} = \frac{V^2 \sin 2 \alpha}{9,81} \\ V \sin \alpha = \frac{9,81}{2} t \end{cases}$$

Von den 4 Veränderlichen X, V, t, α , zwei bekannt, können die übrigen berechnet werden.

Beispiel.

1) Die Elevationswinkel für die 24pfünder Granate bis 1 K. Ladung auf 750 m. beträgt $5\frac{1}{2}^\circ$.

Wie gross ist die entsprechende Anfangsgeschwindigkeit und Flugdauer?

$$750 = Vt \cos 5\frac{1}{2}^\circ$$

$$V \sin 5\frac{1}{2}^\circ = \frac{9,81}{2} t$$

$$t = 3,84, \quad V = 196,4 \text{ m.}$$

Nach den preussischen Schiesstafeln Seite 245 beträgt die Anfangsgeschwindigkeit bei 1 K. Ladung 200 m.

Aus den Gleichungen B und C ergibt sich leicht, dass der Einfallswinkel gleich dem Elevationswinkel, die Endgeschwindigkeit gleich der Anfangsgeschwindigkeit ist.

Ebenso ist leicht nachzuweisen, dass die Pfeilhöhe gleich $\frac{1}{4}$ der Fallhöhe.

$$hg = \frac{1}{4} fe$$

Aus der Gleichung $X = \frac{V^2 \sin 2\alpha}{9,81}$ folgen drei wichtige Verhältnisse.

a) *Die Wurfweiten verhalten sich wie die Sinuse der doppelten Elevationswinkel.*

In Zeichen: $X_1 : X_2 = \sin 2\alpha_1 : \sin 2\alpha_2 \quad V_1 = V_2$

Beispiel.

1) Der Elevationswinkel für das 24pfünder Vollgeschoss bei 2,25 K. Ladung und 750 m. Distanz beträgt $2\frac{14}{16}^\circ$.

Welcher Elevationswinkel entspricht der Distanz von 500 und 1000 m.

$$750 : 500 = \sin 2 \cdot 2\frac{14}{16} : \sin 2\alpha_x$$

$$\text{Elevationswinkel für 500 m.} = \alpha_x = 1\frac{14^{2/3}}{16},$$

„ „ „ nach der Schiesstafel $1\frac{14^{1/3}}{16}$ (S. 285)

$$750 : 1000 = \sin 2 \cdot 2\frac{14}{16} : \sin 2\alpha_y$$

$$\text{Elevationswinkel für 1000 m.} = \alpha_y = 3\frac{13^{1/3}}{16},$$

„ „ „ nach der Schiesstafel $3\frac{14^{2/3}}{16}$

Bei Winkeln unter 6° kann auch gelten:

$$X_1 : X_2 = \alpha_1 : \alpha_2$$

Der Fehler in Folge dieser Vernachlässigung beträgt weniger als $\frac{1}{16}^\circ$.

b) *Die Wurfweiten verhalten sich wie die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten.*

In Zeichen:

$$X_3 : X_4 = V_3^2 = V_4^2 \quad \alpha_3 = \alpha_4$$

Beispiel:

Gussstahl-6 pfünder mit Kolbenverschluss:

Ladung	Elevationswinkel	Distanz	Anfangsgeschwindigkeit
0,6 K.	$3\frac{9}{16}$	1200 m.	331
0,3 K.	$3\frac{9}{16}$	591 m.	$v_x = ?$

$$1200 : 590 = 331^2 : V_x^2$$

$$V_x = 232,1$$

c) *Die Sinuse der doppelten Elevationswinkel sind den Quadraten der Anfangsgeschwindigkeiten verkehrt proportional.*

In Zeichen: $\sin 2 \alpha_5 : \sin 2 \alpha_6 = V_6^2 : V_5^2, \quad X_5 = X_6$

Beispiel:

Gussstahl-6 pfünder mit Kolbenverschluss:

Ladung	Distanz	Elevationswinkel	Anfangsgeschwindigkeit
0,6	600 m.	$1\frac{10}{16}$	331 m.
0,3	600 m.	$3\frac{10}{16}$	$V_6 = ?$

$$\sin 2 \cdot 1\frac{10}{16} : \sin 2 \cdot 3\frac{10}{16} = V_6^2 : 331^2$$

$$V_6 = 221,6$$

Nach der Schiesstafel $V_6 = 221$ m.

Bei kleinen Winkeln unter 6° :

$$\alpha_5 : \alpha_6 = V_6^2 : V_5^2 \quad X_5 = X_6$$

Diese Regel ist von besonderer Wichtigkeit, weil sie auch im luftgefüllten Raum Geltung behält und die Bestimmung der Elevationswinkel bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten sehr erleichtert.

Noch einige Aufgaben, die practische Anwendung der parabolischen Theorie zu zeigen:

- 1) Man wirft mit einem Mörser unter 30° Elevation auf 800 Schr. = 600 m. Auf wie viel Secunden Brennzeit müssen die Brandrohre tempirt werden, damit das Geschoss mit dem Aufschlage crepirt?

$$\begin{aligned} \text{Formel C.} \quad 600 \operatorname{Tg} 30^\circ &= \frac{9,81}{2} t^2 \\ t &= 8,4 \end{aligned}$$

- 2) Auf wie viel Secunden Brennzeit muss das Brandrohr tempirt werden, wenn unter 30° Elevation auf ein 800 Schr. = 600 m. entferntes Ziel geworfen wird, das zugleich 50 m. tiefer liegt,

Gleichungen A.

$$\begin{aligned} 600 &= V t_n \operatorname{Cos} 30, \\ - 50 &= V t_n \operatorname{Sin} 30 - \frac{9,81}{2} t_n^2 \\ t_n &= 8,98 \end{aligned}$$

- 3) Man hat abgeschnittene Brandrohre mit 9 Secunden Brennzeit, und will sie bei einem Mörser auf 800 Schr. = 600 m. Zielentfernung verwenden. Unter welchem Winkel muss der Mörser gerichtet werden, damit die Geschosse $\frac{1}{10}$ Secunde nach dem Einschlagen crepiren?

$$\begin{aligned} \text{Gleich-} \quad 600 &= V \cdot 8,9 \operatorname{Cos} \alpha, \quad V \operatorname{Sin} \alpha = \frac{9,81}{2} \cdot 8,9 \\ \text{ungen C.} \quad \alpha &= 33^\circ 30' \end{aligned}$$

Abschnitt III.

Gesetze der inneren und äusseren Ballistik.

Dieser Abschnitt enthält die allgemeinen Grundsätze zur Beurtheilung des mechanischen Theiles der Feuerwaffen und ihrer Wirkung.

I. Capitel.

Gesetze der inneren Ballistik.

A. *Spannung der Gase, Intensität der Pulverkraft an verschiedenen Punkten der Seele.*

Unmittelbar nach der Entzündung einer Ladung ist alles Pulver eine glühende Gasmasse von sehr hoher Spannung. Bei den von rückwärts zu ladenden Waffen ist die Verbrennung so rasch und vollständig, dass durch die Annahme, das Gas sei vollständig entbunden, bevor das Geschoss eine merkliche Bewegung ausgeführt hat, wenigstens der Wahrheit nahekommende Resultate erhalten werden.

Das Mariottische Gesetz.

Eine Gasmasse sei in einem Hohlraum eingeschlossen, die Umgebung luftleer.

- a. Die Kraft, mit welcher sie den Hohlraum auszudehnen sucht, wirkt überall gleich stark und senkrecht auf die Wände;

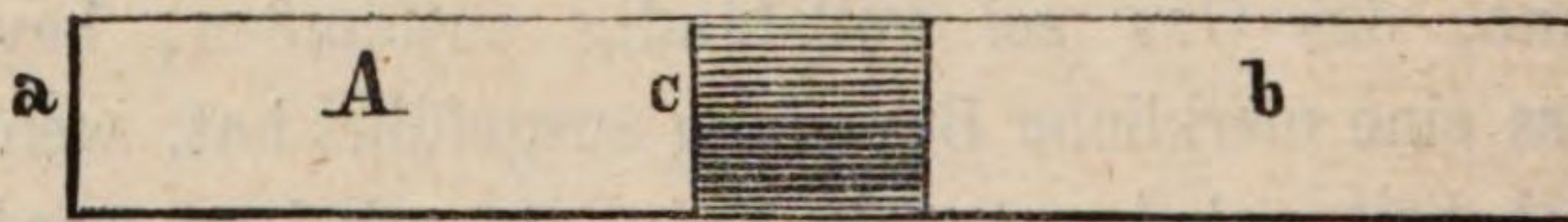
- b. die Gasspannung oder der Gasdruck in verschiedenen Hohlräumen ist gleich, wenn dieselbe Kraft auf die Flächeneinheit wirkt;
- c. die auf verschiedene Flächen wirkenden Kräfte sind ersteren proportional;
- d. die Kraft, welche auf die Flächeneinheit wirkt, ist proportional der Masse des Gases, oder gleichbedeutend, bei gleicher Gasmasse verkehrt proportional dem Inhalte des Hohlraumes.

Sei der gedachte Hohlraum 1 Cubikm., die Kraft, welche auf 1 □ C. m. wirkt, 2 K., so beträgt sie auf 10 □ C. m. 20 K., die Gasmasse verdoppelt, 40 K.; ist die letztgenannte Gasmasse in 5 Cubikm., also in einem 5 mal grösseren Raum eingeschlossen, so beträgt die auf letztgenannte Fläche wirkende Kraft $\frac{40}{5} = 8$ K.

Wenn atmosphärische Luft von normaler Spannung (28" Barometerstand) eingeschlossen wird, die Umgebung luftleer, so beträgt die Kraft, welche auf 1 □ C. m. wirkt, 1,0308 K.

Ist diese Kraft z. B. 10 mal grösser, sagt man, der Gasdruck beträgt 10 Atmosphären.

Fig. XV.



Ist $a b$ eine cylindrische Röhre, c ein dicht gehender Stempel, der Raum A mit einer Gasmasse gefüllt, die Umgebung luftleer, so wird die Kraft, welche auf den Kolben wirkt, durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\psi = \frac{n}{x}$$

ψ die Intensität der Kraft

x die Entfernung ac

n die Intensität der Kraft bei $x = 1$.

Beispiele.

- 1) Wenn der Durchmesser des obigen Kolbens 0,916 m. (gezogener 6 pfünder), die Gasspannung bei $ac = x = 0,9$ m., 1 Atmosphäre beträgt, welche Kraft wirkt auf den Stempel?

$$\psi = \left(\frac{9,16}{2}\right)^2 \pi \cdot 1,0308 = 66,45$$

Wie gross wird diese Kraft, wenn der Stempel dem Stossboden bis auf 0,1 m. genähert wird?

$$0,9, : 0,1 = x : 66,45$$

$$x = 598,05 \text{ K.}$$

Wie lautet die Gleichung, welche die Intensität der Kraft an allen Punkten bestimmt?

$$\psi = \frac{59,8}{x}$$

Bemerkung. Bei sehr hohen Spannungen können obige Gesetze auch im luftgefüllten Raum Anwendung finden, weil der unbedeutende Gegendruck von einer Atmosphäre vernachlässigt werden kann.

- 2) Die mittlere Kraft, mit der die Pulvergase im gezogenen 6pfünder bei 0,6 K. Ladung wirken, beträgt 25839 K. (Seite 67). Wie gross muss der entsprechende mittlere Atmosphärendruck sein?

Die Kraft, mit der eine Atmosphäre in einem Rohre vom Durchmesser der 6pfünder Bohrung wirkt, beträgt, nach Beispiel 1, 66,45 K., folglich die mittlere Spannung im vorliegenden Fall

$$= \frac{25839}{66,45} = 388 \text{ Atmosphären.}$$

Aus der Annahme einer vollständigen Verbrennung des Pulvers, bevor das Geschoss eine merkliche Wegstrecke zurückgelegt hat, folgt:

- 1) *Die Gasspannung in derselben Feuerwaffe bei gleicher Entfernung des Geschossbodens vom Stossboden ist proportional der Ladung und in demselben Verhältniss steht die Kraft, mit der das Pulver wirkt. Bei Anwendung verschiedener Ladungen in demselben Ladungsraume gilt desshalb folgendes Verhältniss:*

$$\psi_1 : \psi_2 = Q_1 : Q_2$$

ψ_1 mittlere Kraft, mit der Ladung Q_1 ,

ψ_2 mittlere Kraft, mit der Ladung Q_2 wirkt.

Beispiel.

- 3) Anschliessend an obiges Beispiel soll die mittlere Kraft und die mittlere Spannung bei 0,25 K. Ladung berechnet werden.

$$25839 : \psi_2 = 0,6 : 0,25$$

$$\psi_2 = 10763 \text{ K.}$$

$$388 : x = 0,6 : 0,25$$

$$x = 162 \text{ Atmosphären.}$$

- 2) *Die Gasspannung ist verkehrt proportional dem Raume, in welchem sich das Pulvergas ausgedehnt hat.*

In der Absicht, die Formel $\psi = \frac{n}{x}$ anwenden zu können, geben wir dem Ladungsraum gleichen Querschnitt, wie der Seele, verlängern ihn aber soviel, dass sein Inhalt unverändert. Wenn die Gasspannung an irgend einer Stelle bekannt, findet man sie an jeder anderen aus der eben genannten Gleichung, in welcher x die berechnete relative Entfernung des Geschossbodens vom Stossboden.

Die Voraussetzung einer vollständigen Verbrennung des Pulvers, bevor das Geschoss eine merkliche Wegstrecke zurückgelegt hat, ist, besonders bei starken Ladungen, nicht ganz richtig. Desshalb erhält man durch obige Rechnung die Spannung nahe am Ladungsraum etwas zu gross, weiter vorwärts zu klein.

Beispiel.

Gezogener Gussstahl 6 pfünder:

Entfernung des Geschossbodens von der Mündung = 1,67 m.

Bohrungsdurchmesser in den Zügen 0,0916 m.

„ „ „ der Kammer 0,09572 m.

Länge der Züge 1,5392 m.	} Entfernung des Stossbodens von d. Mündung 1,7932 m.
„ „ Kammer 0,254 m.	

Die Kammer auf den Querschnitt der Bohrung reducirt, erhält man ihre Länge aus der Gleichung

$$0,0916^2 \cdot h = 0,09512^2 \cdot 0,254$$

$$h = 0,2773 \text{ m.}$$

Entfernung des Geschossbodens von der Mündung bleibt unabhängig von dieser Reduction = 1,67 m.

Entfernung des Geschossbodens vom Stossboden der reducirten Kammer 0,15 m.

Entfernung der Mündung vom reducirten Stossboden
 $= 1,67 + 0,15 = 1,82 \text{ m.}$

Die Kraft, mit welcher das Pulvergas bei 0,6 K. Ladung 1 m. vom reducirten Stossboden auf das Geschoss wirkt, beträgt 17094 K. (Seite 67). Wie gross ist dieselbe in diesem Fall an der Mündung?

$$1,82 : 1 = 17094 : \psi$$

$$\psi = 9392 \text{ K.}$$

Die entsprechende Gasspannung ist $\frac{9392}{66,45} = 141 \text{ Atmosph.}$

Wie gross ist sie annähernd in der Kammer?

$$0,15 : 1 = 17094 : \psi$$

$$\psi = 113960 \text{ K.}$$

Die entsprechende Gasspannung ist $\frac{113960}{66,45} = 1713 \text{ Atmosphär.}$

3) *Bei gleicher Ladung in verschiedenen Rohrkalibern ist die Kraft, mit welcher das Pulver auf die verschiedenen Projectile, in gleichen Entfernungen vom reducirten Stossboden, wirkt, bei allen Bohrungsquerschnitten gleich gross, dagegen sind die Spannungen in diesem Fall den Bohrungsquerschnitten verkehrt proportional.*

Dieser Satz ist eine Folge der Regeln 1 und 2 Seite 49 und 50.

Beispiele.

Aus dem vorigen Beispiel soll die Kraft, mit der das Pulver im 24 pfünder auf den Geschossboden, 2 metres vom reducirten Stossboden, bei 2,0 K. Ladung, wirkt, und die entsprechende Gasspannung berechnet werden.

Nach obiger Regel ist die gesuchte Kraft, wenn $Q = 0,6 \text{ K}$

und $x = 1$, ebenso gross, wie bei dem 6pfünder, also 17094 K.
Bei 2,0 K. Ladung:

$$17094 : \psi = 0,6 : 2$$

$$\psi = 56947 \text{ K.}$$

Wenn $x = 2 \text{ m.}$

$$\psi = \frac{56947}{2} = 28473 \text{ K.}$$

Anmerk. Bei vielen Feuerwaffen ist die Differenz zwischen Bohrungs- und Kammerdurchmesser gering. In diesem Fall können die unmittelbaren Entfernungen des Geschossbodens vom Stossboden, statt der reducirten, in den Regeln 2 und 3 Anwendung finden. Regel 2 lautet dann: Die Gasspannung ist verkehrt proportional der Entfernung des Projectils vom Stossboden.

Von besonderer Wichtigkeit ist das Mariottische Gesetz bei Beurtheilung der Kraft, welche auf den Verschluss wirkt.

Beispiel.

Der Bohrungsdurchmesser eines Gewehres betrage 11 mm. Es soll eine Kupferhülsenpatrone mit angepresstem Wulst, der die Zündung enthält, Anwendung finden, dessen innerer Durchmesser 14 mm.

In welchem Verhältniss stehen die Kraftäusserungen des Pulvergases auf Geschoss und Verschluss? Sie stehen in dem Verhältniss wie die beiden Flächen, auf welche das Gas wirkt

$$= \left(\frac{11}{2}\right)^2 \pi : \left(\frac{14}{2}\right)^2 \pi = 11^2 : 14^2 = 121 : 196 \text{ circa } 3 : 5$$

Die grössere Kraftäusserung auf den Verschluss äussert ihren Einfluss nur auf den Mechanismus desselben, nicht auf die Rückstossgeschwindigkeit, die durch das Gesetz von den Quantitäten der Bewegung bestimmt wird.

In der allgemeinen Gleichung der inneren Ballistik (Seite 66) finden sich die hier genannten Regeln weiter ausgeführt und vervollständigt.

B Die erzeugten Quantitäten der Bewegung, Bewegungen während des Schusses.

Geschoss und Geschütz setzen sich gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung in Bewegung. Wenn ersteres

an der Mündung, sind folgende Quantitäten der Bewegung erzeugt:

- | | | |
|----|----------------------------|--|
| 1) | GV | G Geschossgewicht
V Anfangsgeschwindigkeit. |
| 2) | $\mathfrak{G}\mathfrak{B}$ | $\mathfrak{G}$ Geschützgewicht.
$\mathfrak{B}$ Rücklauf oder Rückstoss-
geschwindigkeit. |
| 3) | $Q \frac{V}{2}$ | Q Ladungsgewicht.
V Anfangsgeschwindigkeit
des Projectils. |

Die letztgenannte Quantität der Bewegung erhält man durch folgende Schlüsse: Wenn das Geschoss die Seele verlässt, wird die erzeugte Gasmasse (Q) annähernd gleichmässig in der Seele vertheilt, an der Mündung die Geschwindigkeit des Projectils V , am Stossboden die des Geschützes $\mathfrak{B}$ besitzen. Letztere $= 0$ gesetzt, kann die mittlere Geschwindigkeit der Pulvermasse im genannten Augenblick $\frac{V}{2}$ angenommen werden, woraus sich ihre Quantität der Bewegung $= Q \frac{V}{2}$ ergibt.

Das Gesetz der Quantität der Bewegung auf 3 Körper angewendet:

$$A) \quad \mathfrak{G}\mathfrak{B} = GV + \frac{QV}{2},$$

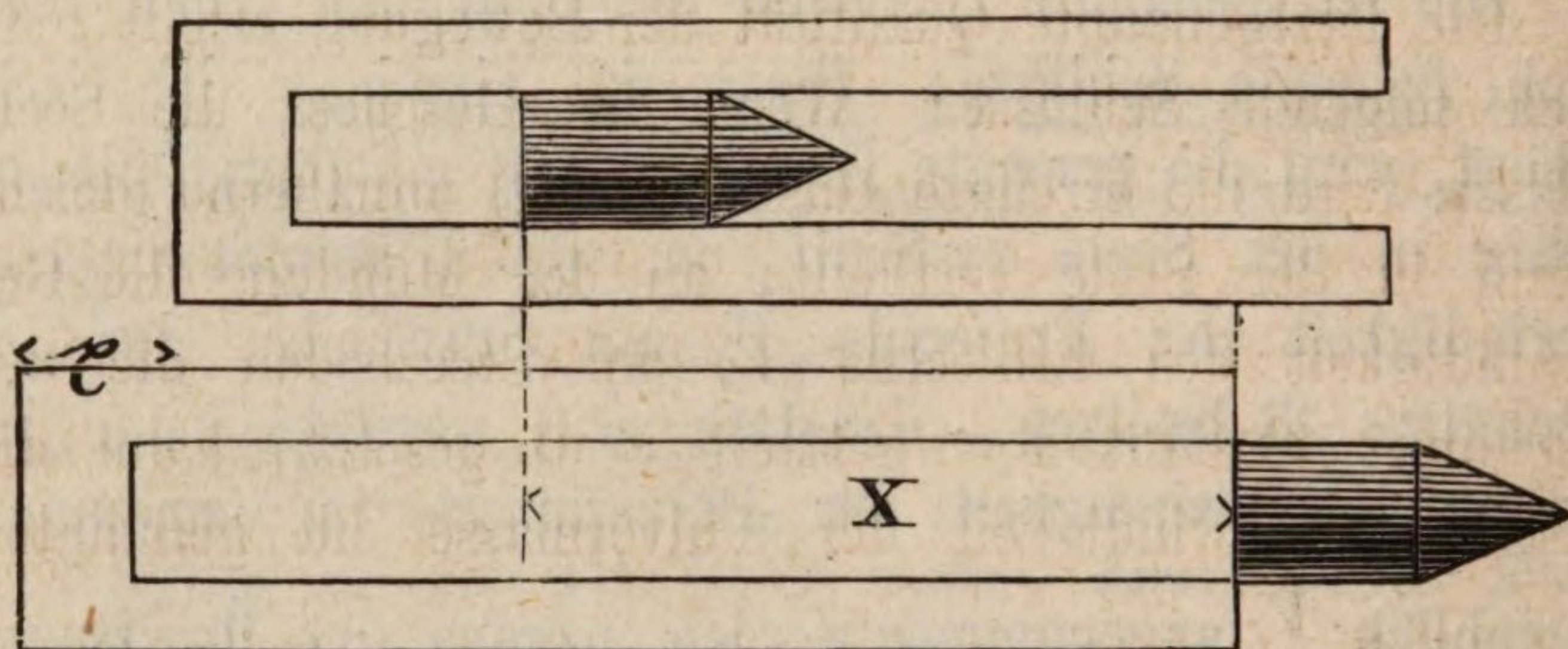
welche Formel genauer als die Seite 23, doch enthält auch sie noch kleine Fehler. Der einflussreichste ist folgender: Wenn das Geschoss die Mündung verlässt, wird weder Spannung noch Pulverkraft augenblicklich gleich Null, sondern das Gas drückt noch mit rasch abnehmender Intensität auf das Geschoss, und ertheilt ausserdem seiner eigenen Masse eine weit grössere Geschwindigkeit, so dass der Feuerstrom aus der Mündung dem Projectil voraneilt. Die Gegenwirkung

trifft die Waffe, deren Geschwindigkeit demnach grösser wird, als obige Formel angibt.

Die Wegstrecken zu bestimmen, welche die beiden Körper und der Schwerpunkt der Gasmasse zurückgelegt haben, wenn das Geschoss an der Mündung, wendet man die Gleichung B Seite 19 auf drei Körper an:

$$\mathfrak{G}x = GX + Q\frac{X}{2} = \left(G + \frac{Q}{2}\right) X$$

Fig. XVI.



x Wegstrecke, welche die Feuerwaffe,

X Wegstrecke, welche das Geschoss,

$\frac{X}{2}$ annähernd die Wegstrecke, welche der Schwerpunkt der Ladung zurückgelegt hat, wenn das Geschoss die Mündung verlässt.

$x + X = L$ die Entfernung des Geschossbodens von der Mündung vor dem Schuss.

Beispiel.

Gezogener Gussstahl 6 pfünder:

$\mathfrak{G} = 950$ K. (Gewicht des Rohres mit Verschluss und Laffete)

$G = 6,9$ K. (Gewicht des Projectils)

$Q = 0,6$ K. (Gewicht der Ladung)

$V = 331$ Anfangsgeschwindigkeit des Projectils

$L = 1,67$ Entfernung des Geschossbodens von der Mündung.

Gl. A: $950 \cdot \mathfrak{B} = 331 \left(6,9 + \frac{0,6}{2}\right)$

Die Rücklaufgeschwindigkeit der Feuerwaffe
 $= \mathfrak{B} = 2,5 \text{ m.}$

Gl. B: $950 \text{ r} = \left(6,9 + \frac{0,6}{2}\right) X$
 $\text{r} + X = 1,67$

Wegstrecke, welche das Geschütz zurückgelegt hat, wenn das Geschoss an der Mündung $= \text{r} = 0,013 \text{ m.}$

Wegstrecke, welche das Geschoss zurückgelegt hat, wenn es die Mündung verlässt $= X = 1,657 \text{ m.}$

Wegstrecke, welche der Schwerpunkt der Ladung zurückgelegt hat, wenn das Geschoss die Mündung verlässt, annähernd $\frac{X}{2} = 0,828 \text{ m.}$

C. Verbrauchte Arbeit der Kräfte und erzeugte lebendige Kräfte, wenn das Geschoss die Mündung erreicht hat; Einfluss der Ladung und des Geschossgewichtes auf die Anfangsgeschwindigkeit.

Zwei Kräfte kommen beim Schuss zur Geltung, Druck des Pulvergases (ψ) und Reibung (φ); beide wirken die Wegstrecke vom Geschossboden bis zur Mündung (L). Die erzeugten Geschwindigkeiten sind: 1. die Anfangsgeschwindigkeit des Projectils, 2. die Rückstossgeschwindigkeit der Feuerwaffe, 3. die Geschwindigkeiten, welche die Massentheilchen der Ladung besitzen und 4. die Rotationsgeschwindigkeit des Projectils.

Gleichung A, Seite 36):

Arbeit der Pulverkraft	Arbeit der Reibung	Erzeugte lebendige Kräfte				
		Projectil	Geschütz	Ladung	Rotation	
		$\frac{G V^2}{2 \cdot 9,81}$	$\frac{\mathfrak{B}^2}{2 \cdot 9,81}$	$\frac{1/3 Q V^2}{2 \cdot 9,81}$	$\frac{G \pi^2 r^2 V^2}{9,81 D^2}$	
$\psi \cdot L - \varphi \cdot L =$						

ψ mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt.

φ „ „ „ „ die Reibung „

L Entfernung des Geschossbodens von der Mündung.

G Gewicht des Projectils.

V Anfangsgeschwindigkeit.

$\mathfrak{G}$ Gewicht der Feuerwaffe.

$\mathfrak{B}$ Rücklauf oder Rückstossgeschwindigkeit.

Q Ladungsgewicht.

$\pi = 3,14159$.

r Radius der Bohrung.

D Länge des ganzen Dralls.

Anmerkung. Berechnung der in obiger Formel enthaltenen lebendigen Kraft der Ladung: Wenn das Geschoss die Seele verlässt, haben die Gastheilchen an seinem Boden die Geschwindigkeit V , die Gastheilchen am Stossboden die Geschwindigkeit $\mathfrak{B}$. Letztere kann als unbedeutend gleich Null gesetzt werden. Die Gasmasse durch senkrechte Schnittflächen in unendlich viele Scheiben von der Dicke $d(X)$ zerlegt, ist die Masse einer solchen Scheibe $Q \frac{d(X)}{L}$. Ihre Geschwindigkeit (V_x) in der Entfernung X vom Stossboden, ergibt sich aus der Proportion:

$$L : V = X : V_x$$

$$V_x = \frac{V \cdot X}{L}$$

Die lebendige Kraft einer solchen Scheibe ist analog

$$\text{der Formel } \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$= \frac{Qd(X)}{L} \cdot \left(\frac{V \cdot X}{L} \right) = \frac{QV^2X^2 \cdot d(X)}{2 \cdot 981 L^3}$$

Zwischen den Gränzen $X = 0$ und $X = L$ integrirt, erhält man die lebendige Kraft der ganzen Gasmasse

$$= \frac{1/3 QV^2}{2 \cdot 9,81}$$

Berechnung der lebendigen Kraft der Rotation des Projectils: Für diese Grösse einen Näherungswerth zu erhalten, supponiren wir statt des Projectils einen homogenen Cylinder von gleicher Masse, gleichem Durchmesser, gleicher Rotationsgeschwindigkeit, und zerlegen denselben in unendlich viele Ringe von gleicher Dicke (dr).

Wenn r_x der Halbmesser eines solchen Ringes, h seine Höhe, ist sein Inhalt $2r_x\pi h d(r)$. Sein Gewicht (G_x) erhält man aus der Proportion:

$$r^2\pi h : 2r_x\pi h d(r) = G : G_x$$

$$G_x = \frac{2r_x G d(r)}{r^2} \quad h \text{ die Höhe des supponirten Cylinders.}$$

Wenn D die Länge des ganzen Dralls, V die Anfangsgeschwindigkeit, ist $\frac{V}{D}$ die Zahl der Umdrehungen in einer Secunde (die Rotationsgeschwindigkeit) und die Geschwindigkeit jedes Massentheilchens am Umfang des Cylinders beträgt $\frac{2r\pi V}{D}$. Die Geschwindigkeit jedes Massentheilchens eines Ringes mit dem Radius r_x erhält man aus der Proportion:

$$r : r_x = \frac{2r\pi V}{D} : V_x$$

$$V_x = \frac{2r_x\pi V}{D}$$

Analog der Formel $\frac{GV^2}{2 \cdot 9,81}$ erhält man die lebendige Kraft eines Ringes:

$$\begin{aligned} & \frac{2r_x G d(r) \left(\frac{2r_x\pi V}{D} \right)^2}{r^2} \\ &= \frac{2r_x G d(r) \left(\frac{2r_x\pi V}{D} \right)^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{8G\pi^2 V^2}{2 \cdot 9,81 r^2 D^2} r_x^2 d(r) \end{aligned}$$

Die lebendige Kraft, welche in der Rotation des ganzen Cylinders enthalten ist, erhält man durch Integration dieser Grösse zwischen den Gränzen $r_x = 0$ und $r_x = r$

Sie ist gleich $\frac{G\pi^2 V^2 r^2}{9,81 D^2}$.

Bei dieser Rechnung konnte leider die Differenzial- und Integralrechnung nicht entbehrt werden. Die Anwendung wird übrigens zeigen, dass die lebendige Kraft der Rotation ohne grossen Fehler ausser Acht gelassen werden kann.

Beispiel.

Gussstahl 6pfünder mit Kolbenverschluss:

$$L = 1,67 \quad , \quad \mathfrak{G} = 950 \text{ K.}$$

$$G = 6,9 \text{ K.} \quad , \quad r = \frac{0,0915}{2} = 0,0457 \quad , \quad D = 4,7.$$

$$\pi = 3,14159.$$

$$Q_1 = 0,6 \quad , \quad V_1 = 331 \text{ m.}, \quad \mathfrak{B}_1 = 2,5 \text{ m. (Seite 55).}$$

Bei einer andern Ladung $Q_2 = 0,25$ ist $V_2 = 197$ und daraus $\mathfrak{B}_2 = 1,43$ mit Hülfe der Formel A, Seite 53, berechnet.

Diese Grössen in obige Formel eingesetzt:

Ladung 0,6 K.

$$\begin{aligned} \psi_1 \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 &= \frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{950 \cdot 2,5^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1/3 \cdot 0,6 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} \\ &+ \frac{6,9 \cdot 3,14159^2 \cdot 0,0457^2 \cdot 331^2}{9,81 \cdot 4,7^2} \end{aligned}$$

$$\psi \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 = 38536 + 295,8 + 1117,0 + 71,9 = 39020,7$$

Ladung 0,25 K.

$$\begin{aligned} \psi_2 \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 &= \frac{6,9 \cdot 197^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{950 \cdot 1,43^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{1/3 \cdot 0,25 \cdot 197^2}{2 \cdot 9,81} \\ &+ \frac{6,9 \cdot 3,14159^2 \cdot 0,0457^2 \cdot 197^2}{9,81 \cdot 4,7^2} \end{aligned}$$

$$\psi_2 \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 = 13650 + 99,03 + 164,8 + 25,5 = 13849.$$

Die mittlere Kraft des Pulvers und der Reibung aus diesen beiden Gleichungen zu berechnen, benützt man die Proportion B, Seite 50.

$$\psi_1 : \psi_2 = 0,6 : 0,25$$

$$\psi_2 = \frac{\varphi_1 \cdot 0,25}{0,6}$$

$$\psi_1 \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 = 39020,7 \quad , \quad \psi_2 \cdot 1,67 - \varphi \cdot 1,67 = 13849,3$$

$$\frac{1,67 \cdot \psi_1 \cdot 0,25}{0,6} - \varphi \cdot 1,67 = 13849,3$$

$$\psi_1 \cdot 1,67 - \frac{\psi_1 \cdot 0,25}{0,6} \cdot 1,67 = 25171,4$$

Resultate:

Mittlere Kraft, mit der die Reibung wirkt: 2474 K. = φ .

„ „ mit der das Pulver bei 0,6 K. Ladung wirkt:
25839 K. = ψ_1

Mittlere Kraft, mit der das Pulver bei 0,25 K. Ladung wirkt:
10765 K. = ψ_2 .

Mittlere Gasspannung bei 0,6 K. Ladung: 388,8 Atmosphären.

„ „ „ 0,25 K. „ 162 „

a) Einfluss der Ladung auf die Anfangsgeschwindigkeit.

In dem vorigen Beispiel die Anfangsgeschwindigkeit (V_3) für eine andere Ladung (Q_3) zu finden, berechnet man die entsprechende mittlere Kraft (ψ_3) aus der Proportion $\psi_1 : \psi_3 = Q_1 : Q_3$ und setzt diesen Werth in Gleichung C ein.

Die Anfangsgeschwindigkeit bei 0,4 K. Ladung wird gesucht.

$$25839 : \psi_3 = 0,6 : 0,4$$

$$\psi_3 = 17226$$

Gleichung C:

$$17226 \cdot 1,67 - 2474 \cdot 1,67 = \frac{6,9 \cdot V_3^2}{2 \cdot 981} + \frac{950 \mathfrak{B}_3^2}{2 \cdot 981} +$$

$$+ \frac{1/3 \cdot 0,4 \cdot V_3^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{6,9 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0457^2 \cdot V_3^2}{9,81 \cdot 4,7^2}$$

Nach Gleichung A Seite 53:

$$\mathfrak{B}_3 = \frac{V_3 \left(6,9 + \frac{0,4}{2} \right)}{950}$$

Aus diesen beiden Gleichungen kann sowohl $\mathfrak{B}_3$ als V_3 berechnet werden.

Vernachlässigt man in der Formel C die lebendige Kraft der Rotation und Rücklaufgeschwindigkeit, so erhält man folgende bequemere Form:

$$D) \quad \psi L - \varphi L = \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} (G + 1/3 Q)$$

Auf 2 Ladungen Q_1 und Q_2 angewendet, erhält man die Proportion:

$$(\psi_1 - \varphi) : (\psi_2 - \varphi) = V_1^2(G + \frac{1}{3} Q_1) : V_2^2(G + \frac{1}{3} Q_2),$$

Bei unverändertem Ladungsraume gilt folgendes Verhältniss:

$$\psi_1 : \psi_2 = Q_1 : Q_2,$$

$$\psi_1 = \frac{\psi_2 Q_1}{Q_2}$$

Diesen Werth eingesetzt:

$$\left(Q_1 - \frac{\varphi Q_2}{Q_1 G_2}\right) : \left(Q_2 - \frac{\varphi Q_2}{Q_1 \psi_2}\right) = V_1^2(G + \frac{1}{3} Q_1) : V_2^2(G + \frac{1}{3} Q_2)$$

Die Grösse $\frac{\varphi Q_2}{Q_1 \psi_2} = Q_x$ gesetzt.

$$E) (Q_1 - Q_x) : (Q_2 - Q_x) = V_1^2(G + \frac{1}{3} Q_1) : V_2^2(G + \frac{1}{3} Q_2)$$

Q_x bedeutet die Ladung, bei welcher das Geschoss die Seele nicht mehr verlässt, denn $Q_2 = Q_x$ wird $V_2 = 0$. Obige Proportion bedeutet, dass von jeder Ladung das Pulverquantum Q_x in Abzug zu bringen ist, weil es verbraucht wird, die Reibung zu überwinden. Die erzeugten lebendigen Kräfte sind den Resten proportional. In der Proportion E die kleinen Grössen $\frac{1}{3} Q_1$ und $\frac{1}{3} Q_2$ vernachlässigt:

$$F) (Q_1 - Q_x) : (Q_2 - Q_x) = V_1^2 : V_2^2$$

Beispiele.

Gussstahl 6 pfünder mit Kolbenverschluss:

$$Q_1 = 0,6 \text{ K.}, V_1 = 331 \text{ m.}, G = 6,9$$

$$Q_2 = 0,25 \text{ K.}, V_2 = 197 \text{ m.}, G = 6,9.$$

Es wird die Ladung gesucht, bei der das Geschoss die Seele nicht mehr verlässt (Q_x), ferner die Anfangsgeschwindigkeit bei einer Ladung von 0,4 K. = Q_3 .

$$(0,6 - Q_x) : (0,25 - Q_x) = 331^2(6,9 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) : 197^2(6,9 + \frac{1}{3} \cdot 0,25)$$

Die Ladung, bei der das Geschoss die Seele nicht mehr verlässt
= $Q_x = 0,063$.

Die Anfangsgeschwindigkeit bei 0,4 K. Ladung erhält man durch folgende Proportion:

$$(0,6 - 0,063) : (0,4 - 0,063) = 331^2(6,9 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) : V_3^2(6,9 + \frac{1}{3} \cdot 0,4)$$

Anfangsgeschw. bei 0,4 K. Lad. = $V_3 = 263,4$ (n. d. Schiesstafel 261,4)

Bei wenig verschiedenen Ladungen kann man allenfalls die Proportion anwenden:

$$Q_1 : Q_2 = V_1^2 : V_2^2,$$

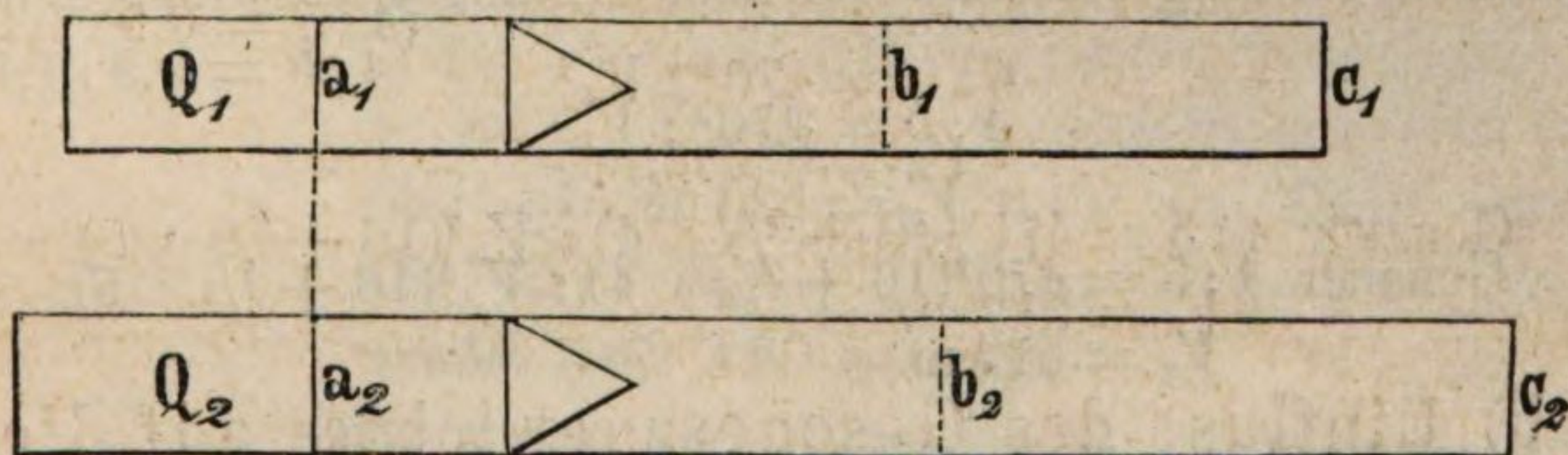
wodurch man aber bei abnehmender Ladung die Anfangsgeschwindigkeit zu gross erhält und umgekehrt.

Unveränderter Ladungsraum ist Bedingung für die Richtigkeit der Proportion Seite 50, also auch der Proportion E, die aber bei der kleinen Feuerwaffe nicht erfüllt ist, weil hier der Ladungsraum der Ladung angepasst wird. Die Spannung ist dann im ersten Augenblicke bei allen Ladungen gleich gross, nimmt aber bei der schwächeren Ladung rascher ab. Desshalb erhält man in diesem Fall bei Anwendung obiger Gesetze die Anfangsgeschwindigkeit für abnehmende Ladungen zu klein und umgekehrt.

Genauer ist folgende Regel:

Wenn die Entfernung des Geschossbodens von der Mündung, ebenso der Ladungsraum, der Ladung proportional, stehen die Quadrate der Anfangsgeschwindigkeiten in demselben Verhältniss.

Fig. XVII.



Q_1 und Q_2 die beiden Ladungen, $a_1 c_1 = L_1$, $a_2 c_2 = L_2$

$$Q_1 : Q_2 = L_1 : L_2$$

Begründung: Verhalte sich $a_1 b_1 : a_2 b_2 = Q_1 : Q_2$, so ist Spannung und wirkende Pulverkraft bei b_2 und b_1

(gleich rasche Verbrennung vorausgesetzt) gleich. Aus dieser Bemerkung lässt sich leicht abnehmen, dass die mittlere Kraft, mit der das Pulver wirkt, in beiden Rohren gleich gross; in dem einen Fall wirkt sie die Wegstrecke L_1 , in dem andern L_2 .

Die allgemein gültige Gleichung D auf die beiden Ladungen Q_1 und Q_2 angewendet:

$$\psi L_1 - \varphi L_1 = \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} (G + \frac{1}{3} Q_1)$$

$$\psi L_2 - \varphi L_2 = \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} (G + \frac{1}{3} Q_2)$$

$$L_1 : L_2 = V_1^2 (G + \frac{1}{3} Q_1) : V_2^2 (G + \frac{1}{3} Q_2)$$

Da $L_1 : L_2 : Q_1 : Q_2$

$$F) \quad Q_1 : Q_2 = V_1^2 (G + \frac{1}{3} Q_1) : V_2^2 (G + \frac{1}{3} Q_2)$$

$\frac{1}{3} Q_1$ und $\frac{1}{3} Q_2$ vernachlässigt, erhält man obiges Gesetz:

$$Q_1 : Q_2 = V_1^2 : V_2^2$$

Beispiel:

Ein Gewehr mit 11 mm. Kaliber, mit einem Geschoss von 16 grammes Blei und 4 grammes Ladung ergiebt, bei einer Entfernung des Geschossbodens von der Mündung von 0,9 m., 470 m. Anfangsgeschwindigkeit. Bei einem Repetirgeschütz soll dasselbe Kaliber und dasselbe Geschoss mit einer Ladung von 5 grammes angewendet werden; Entfernung des Geschossbodens von der Mündung 1,125 m. Wie gross wird die neue Anfangsgeschwindigkeit?

$$(4 : 5 = 0,9 : 1,125)$$

$$4 : 5 = 470^2 : V_x^2$$

$$V_x = 526 \text{ m.}$$

$$\text{Genauer } 4 : 5 = 470^2 (16 + \frac{1}{3} \cdot 4) : V_x^2 (16 + \frac{1}{3} \cdot 5)$$

$$V_x = 519 \text{ m.}$$

b) Einfluss des Geschossgewichtes auf die Anfangsgeschwindigkeit.

Aus der Gleichung D folgt die Proportion:

$$V_1^2 : V_2^2 = (G_2 + \frac{1}{3} Q) : (G_1 + \frac{1}{3} Q)$$

G_1 und G_2 die beiden Geschossgew. Q die gemeinsame Ladung.

Die Grösse $\frac{1}{3} Q$ vernachlässigt:

$$H) \quad V_1^2 : V_2^2 = G_2 : G_1,$$

eine auf empirischem Wege schon lange gefundene Formel.

Beispiel:

1) 24 pfünder Granate 27,15 K., Ladung 3 K., Anfangsgeschw. 366,4 m.

24 pfünder Vollgeschoss 34,7 K., Lad. 3 K., Anfangsgeschw. = V_x = ?

$$366,4^2 : V_x^2 = (34,7 + \frac{1}{3} \cdot 3) : (27,15 + \frac{1}{3} \cdot 3)$$

$$V_x = 325,5 \text{ m., übereinstimmend mit der Schiesstafel.}$$

2) Repetirgeschütz von 11 mm. Kaliber; Geschossgewicht 16 gr.; Ladungsgewicht 5 gr.; Anfangsgeschwindigkeit 519 m. Es soll ein anderes Geschoss von 18 gr. Gewicht Anwendung finden; wie gross wird dessen Anfangsgeschwindigkeit?

$$519^2 : V_x^2 = (18 + \frac{1}{3} \cdot 5) : (16 + \frac{1}{3} \cdot 5)$$

$$V_x = 492 \text{ m.}$$

Anmerk. In den Entwicklungen dieses Capitels ist die Reibung als constante, von der Geschwindigkeit unabhängige Kraft in Rechnung gebracht. Die folgenden Gesetze sollen die Berechtigung dazu erweisen. Abgesehen davon, finden dieselben auch bei Beurtheilung des Rücklaufs der Geschütze Anwendung.

1) Wenn ein Körper in Bewegung gesetzt wird, ist der Widerstand der Reibung grösser, als wenn diese schon eingeleitet ist.

2) Der Reibungswiderstand ist nach dem Material und der Beschaffenheit der reibenden Flächen verschieden. Der Reibungscoefficient bezeichnet diesen Widerstand bei zwei bestimmten Materialien, wenn sie mit der Kraft = 1 aufeinander gedrückt werden, oder gleichbedeutend, wenn die Masse eines aufliegenden Körpers, dessen Widerstand gemessen werden soll, 1 K. beträgt.

3) So lange kein Einschneiden stattfindet, ist der Reibungswiderstand unabhängig von der Grösse der berührenden Flächen.

4) Der Reibungswiderstand ist nahezu unabhängig von der Geschwindigkeit. Die Arbeit der Kraft ($\varphi \cdot x$), welche durch die Reibung absorbirt wird, ist demnach bei gleicher Wegstrecke gleich gross, gleichgültig, ob sich der Körper rasch oder langsam bewegt.

5) Der Reibungswiderstand ist proportional der Kraft, mit welcher die reibenden Flächen auf einander gedrückt werden.

c) Züge, Drall, Rotationsgeschwindigkeit des Projectils.

Die Züge führen das Geschoss, so dass es, der Windung folgend, eine Rotation um seine Längsachse erhält; in Folge dessen hält der Körper die Richtung dieser Axe während des Fluges mit gewisser Kraft fest, eine Eigenschaft jedes frei sich drehenden Körpers.

Die Sicherheit der Führung nimmt mit ihrer Länge und dem stärkeren Einpressen des Projectils zu.

Sehr scharfer Drall gefährdet die Führung, das Geschoss schält sich, und springt über die Züge; zu schwacher Drall gibt zu geringe Stetigkeit der Axenrichtung. In beiden Fällen überschlägt das Geschoss, entweder in Folge des nachströmenden Pulvergases, oder des Luftwiderstandes. Erstgenannte Störung ist um so stärker, je grösser die Ladung, je kürzer die Bohrung und je weiter der Schwerpunkt des Projectils vom Geschossboden entfernt. Von den störenden Kräften des Luftwiderstandes soll später gesprochen werden.

Sei R die Rotationsgeschwindigkeit, V die Anfangsgeschwindigkeit des Projectils, D die Länge des ganzen Dralls, so ist

$$R = \frac{V}{D}$$

Beispiele:

- 1) Das Projectil des Schweizer Järgergewehres hat 470 m. Anfangsgeschwindigkeit; die Länge des ganzen Dralls beträgt 0,81 m. Wie gross ist die Rotationsgeschwindigkeit?

$$R = \frac{470}{0,81} = 580,2 \text{ Umdrehungen in 1 Secunde.}$$

- 2) Gezogener 6 pfünder mit Kolbenverschluss, Granate von 6,9 K. Gewicht, Ladung = 0,6 K, $V = 331$ M., $D = 4,7$.

$$R = \frac{331}{4,7} = 70,4 \text{ Umdrehungen in 1 Secunde.}$$

Anmerk. Allgemeine Gleichung der inneren
Ballistik.

Bei ungleichförmiger Bewegung eines Körpers kann seine Geschwindigkeit nur eine unendlich kleine Wegstrecke (dx) und Zeit (dt) als gleichförmig angenommen werden.

Die Formel $v = \frac{x}{t}$ lautet desshalb in diesem Fall:

$$\text{I.} \quad v = \frac{dx}{dt}$$

v die Geschwindigkeit;
 dx die Wegstrecke, welche
der Körper in der Zeit dt
zurücklegt.

Ebenso können die Gesetze der constanten Kraft, auch bei einer ungleichmässigen Kraft, auf eine unendlich kleine Wegstrecke Anwendung finden. Die

Formel $\psi x = \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$ (Seite 18) verwandelt sich dann in folgende:

$$\text{II.} \quad \psi dx = \frac{G}{2 \cdot 981} d(v^2) = \frac{Gv dv}{9,81},$$

was bedeutet, dass die unendlich kleine Arbeit (ψdx) gleich der unendlich kleinen Zunahme an lebendiger Kraft $\left(\frac{Gv dv}{9,81}\right)$.

Die erwähnten beiden Gleichungen sind die Grundlage der ganzen Dynamik.

Ihre Anwendung auf die vorliegende Aufgabe führt zu interessanten Resultaten.

Wir setzen die Kraft, welche auf das Geschoss wirkt

$$\text{III.} \quad = \psi = \left(\frac{n}{x} - c \right)$$

also gleich einer Kraft, die nach dem Mariottischen Gesetz wirkt und einer entgegenwirkenden constanten (der Reibung $= c$).

Diesen Werth in Gleichung II eingesetzt:

$$\left(\frac{n}{x} - c\right) dx = \frac{Gv dv}{9,81}$$

n die Kraft, mit der das Pulver auf den Geschossboden wirkt, wenn dieser 1 Metre vom reducirten Stossboden entfernt ist.
 x die Entfernung des Geschossbodens vom reducirten Stossboden.

c die mittlere Kraft, mit der die Reibung wirkt.

a ist gleich der Grösse x vor dem Abfeuern,
 S die Entfernung des reducirten Stossbodens von der Mündung.

Zwischen den Gränzen $x = a$ und $x = S$ integrirt:

$$\text{IV.} \quad \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81} = n \text{ Log nat} \left(\frac{S}{a} \right) - c(S - a)$$

Ferner ist folgendes Verhältniss bekannt:

$$\text{V.} \quad n_1 : n_2 = Q_1 : Q_2$$

Diese beiden Gleichungen enthalten alle bis jetzt vorgetragenen Regeln der inneren Ballistik, ausserdem noch den Einfluss der Bohrungs- und Kammerlänge. Ein Beispiel zur Bestimmung der Constante n bei einer bestimmten Pulversorte.

Anwendung der Formeln III, IV und V:

6 pfünder mit Kolbenverschluss:

$G = 6,9$	$Q_1 = 0,6$	$V_1 = 331 \text{ m.}$
$S = 1,82$	$Q_2 = 0,25$	$V_2 = 197 \text{ m.}$
$a = 0,15$		

$$\frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} = n_1 \text{ Log nat } \left(\frac{1,82}{0,15} \right) - c \cdot 1,67$$

$$\frac{6,9 \cdot 197^2}{2 \cdot 9,81} = n_2 \text{ Log nat } \left(\frac{1,82}{0,15} \right) - c \cdot 1,67$$

$$n_1 : n_2 = 0,6 : 0,25.$$

Aus diesen Gleichungen folgt:

$$Q_1 = 0,6 \quad - \quad n_1 = 17094 \text{ K.}$$

$$Q_2 = 0,25 \quad - \quad n_2 = 7122 \text{ K.}$$

$$\text{Reibung} = c = 2532 \text{ K.}$$

Aus der Gleichung V und der Regel Seite 51 und dem eben genannten Resultat lässt sich folgendes schliessen:

Die Kraft, mit der das preussische Geschützpulver auf das Geschoss 1 m. vom reducirten Stossboden wirkt, beträgt in allen Feuerwaffen $28490 \cdot Q$ Kilo; in der Entfernung x beträgt dieselbe:

$$\text{VI.} \quad \frac{28490}{x} Q \quad Q \text{ die Ladung in K.}$$

Beispiel.

Wie gross ist die Kraft, mit der das Pulver im 24 pfünder, $\frac{1}{2}$ m. vom Stossboden, bei 2 K. Ladung, wirkt?

$$\frac{28490 \cdot 2}{\frac{1}{2}} = 114060 \text{ Kilo.}$$

Bei einer Atmosphäre Spannung ist die Kraft, welche auf den Bohrungsquerschnitt ($r^2\pi$) wirkt, $= r^2\pi \cdot 1,0308$ (Seite 48).

Man erhält desshalb die Gasspannung für preussisches Geschützpulver, bei der Ladung Q , in der Entfernung x vom reducirten Stossboden bei allen Geschützen aus der Formel:

r Radius der Bohrung.

$$\text{VII. } \frac{28490 \cdot Q}{r^2 \cdot \pi \cdot 1,0308 \cdot x} = \text{Spannung in Atmosphären.}$$

Beispiel.

Wie gross ist die Spannung im 24 pfünder, $\frac{1}{2}$ m. vom Stossboden, bei 2 K. Ladung?

$$\frac{28490 \cdot 2}{1,0308 \cdot 7,53^2 \cdot 3,141 \cdot \frac{1}{2}} = 620 \text{ Atmosph.} \quad \begin{array}{l} 7,53 \text{ Radius der} \\ \text{Bohrung in C. m.} \end{array}$$

Die Spannungen in Feuerwaffen von verschiedenen Bohrungsquerschnitten sind gleich, wenn die Ladungen letztgenannter Grössen proportional.

(Folgerung aus Formel VII).

Die Reibung c ist natürlich in den einzelnen Waffen verschieden, nur bei dem 6 pfünder = 2532 K., dessen Gleichungen demnach lauten:

$$\psi = \frac{28490 Q}{x} - 2532$$

$$\frac{Gv^2}{2 \cdot 0,81} = 28490 Q \text{ Log nat } \left(\frac{S}{a} \right) - 2532 (S - a),$$

wodurch der Einfluss der Ladung, des Geschossgewichtes, der Bohrungs- und Kammerlänge festgestellt ist.

Wenn die Ladung gegeben, findet man die Gränze für die Länge der Bohrung, über welche hinaus keine Vermehrung der

fangsgeschwindigkeit stattfindet, aus der Gleichung $\psi = 0$,

$$\text{z. B. bei dem 6 pfünder, } \psi = \frac{28490 Q}{x} - 2532 = 0$$

$$x = 6,7 \text{ m.}$$

Soll die Anfangsgeschwindigkeit einer beliebigen, nur in ihren Constructionslinien gegebenen, Feuerwaffe bestimmt werden, wendet man obige Gleichung in folgender Form an:

$$\frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81} = 28490 \cdot Q \text{ Log nat} \left(\frac{S}{a} \right) - c (S - a),$$

worin c noch zu bestimmen. Dabei gilt als Regel, dass die Reibung, bei allen ohne Klemmung geführten Geschossen (da sie durch die Geschwindigkeit nicht vermehrt wird), als unbedeutend ausser Acht gelassen werden darf, dagegen bei allen mit Klemmung in ähnlicher Weise geführten Geschossen der Führungsfläche, also bei ähnlichen Geschossen, dem Querschnitt proportional zu setzen ist.

Beispiel.

Wie lauten die Gleichungen für den 24pfünder?

Die Führungsflächen der 6- und 24pfünder Granate können als ähnlich angenommen werden.

$$r_1 = 4,64 \text{ c. m.} \quad \text{6 pfünder Granate.}$$

$$r_2 = 7,53 \text{ „ „} \quad \text{24 pfünder „}$$

Man berechnet zuerst die Reibung c_2 aus folgender Proportion:

$$c_1 : c_2 = r_1^2 \pi : r_2^2 \pi$$

$$2532 : c_2 = 4,64^2 : 7,53^2$$

$$c_2 = 6668 \text{ Kilo.}$$

Die Gleichungen lauten dann:

$$\psi = \frac{28490 \cdot Q}{x} - 6668,$$

$$\frac{GV^2}{2 \cdot 9,81} = 28490 Q \text{ Log nat} \left(\frac{S}{a} \right) - 6668(S - a)$$

Die bekannten Grössen Q , G , S und a eingesetzt, erhält man die gesuchte Geschwindigkeit (V).

II. Capitel.

Aeussere Ballistik.

A. Wirkung des Luftwiderstandes, Derivation.

Die Lufttheilchen, welche von einem bewegten Körper getroffen werden, wirken in doppelter Weise. Der Gegen-
druck, den sie ausüben, ist senkrecht auf das berührte Flächen-
element. Ausserdem findet eine nicht unbedeutende Reibung
statt, deren Richtung tangential an die Körperoberfläche,
mit der Bewegungsrichtung der Lufttheilchen auf dieser
Fläche zusammenfällt.

Die Intensität des Luftwiderstandes ist vor allem von
der Geschwindigkeit des Körpers, ausserdem auch noch von
seiner Stellung zur Bewegungsrichtung abhängig. Seine
Richtung fällt nur im ersten Augenblicke vollkommen mit
der Bewegungsrichtung des Projectils zusammen. Zwischen
beiden entsteht eine merkbare Differenz, wenn der Winkel
zwischen Geschossaxe und Bewegungsrichtung einige Grade
übersteigt. Annähernd erhält man diesen Winkel durch
Addition des Elevations- und Einfallwinkels.

Beispiel.

Elevationswinkel für den Gussstahl-6 pfünder mit Granaten au.
2000 Schr. bei 0,6 K. Ladung beträgt $4^{10/16}{}^0$, der Einfallwinkel $5^{7/16}{}^0$.

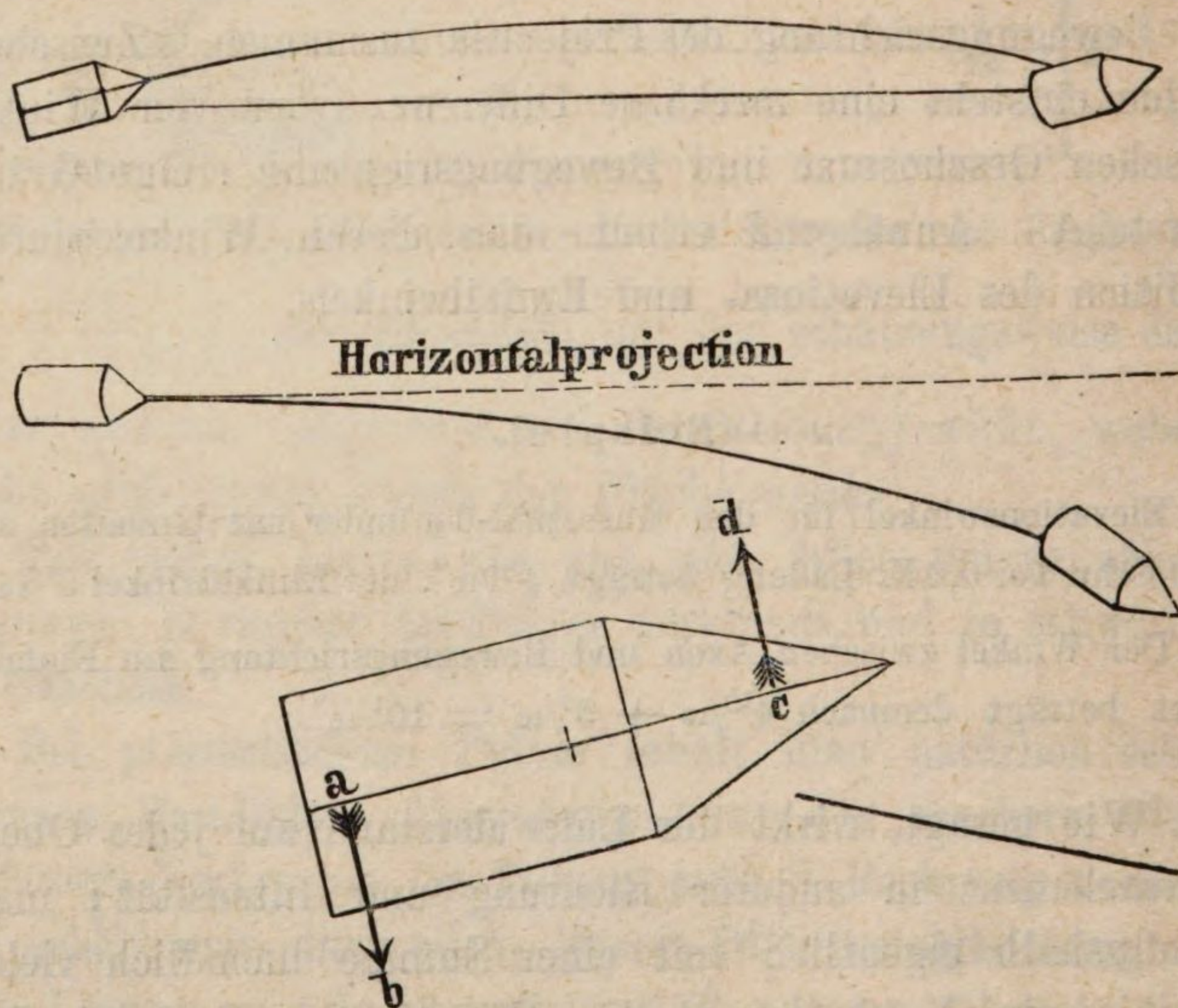
Der Winkel zwischen Axen und Bewegungsrichtung am Einfall-
punkt beträgt demnach $4^{10/16} + 5^{7/16} = 10^{1/16}{}^0$.

Wie gesagt, wirkt der Luftwiderstand auf jedes Ober-
flächenelement in anderer Richtung und Intensität; man
hat desshalb eigentlich mit einer Summe unendlich vieler
verschiedener Kräfte zu thun. Wie diese auch beschaffen
sein mögen, sie lassen sich immer in eine Kraft vereinigt

denken, die durch den Schwerpunkt geht, Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung verändernd, und ein Kräftepaar (ab und cd , Fig. XIX), welches den Körper zu drehen, in diesem Fall die Axe nach rückwärts zu überschlagen sucht.

Jeder rotirende in ähnlicher Weise durch ein Kräftepaar angegriffene Körper besitzt die merkwürdige Eigenschaft, die Richtung seiner Axe nicht in der der Kräfte, sondern dazu rechtwinklig, zu verändern. Wird der Versuch analog der Figur ausgeführt, stellt sich die Spitze nach rechts. In Folge dieser schrägen Stellung werden die Geschosse durch den Luftwiderstand aus der Verticalebene hinausgedrückt (Fig. XIX) und diese Ablenkung heisst die Derivation.

Fig. XIX.



ab und cd Kräftepaar, welches das Geschoss zu überschlagen sucht.

B. Gradlinige Bewegung eines Körpers im luftgefüllten Raum.

Die Bahn der Geschosse im luftgefüllten Raume ist von zahlreichen Faktoren abhängig, und bietet deshalb einer genauen, alle Verhältnisse umfassenden, Bestimmung unübersteigliche Hindernisse; dagegen ist es leicht für den praktischen Gebrauch bei flachen Bahnen einige einfache Beziehungen festzustellen.

Die Abhängigkeit des Luftwiderstandes von der Geschwindigkeit wird annähernd durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\psi = -bv^2$$

ψ der Luftwiderstand;
 v die Geschwindigkeit des Körpers;
 b der Luftwiderstand des Körpers bei 1 m. Geschwindigkeit.

In Worten: Der Luftwiderstand wächst in quadratischem Verhältniss mit der Geschwindigkeit.

Das Minus-Zeichen bedeutet, dass seine Richtung der Bewegung entgegengesetzt.

Begründung: Proportional der grösseren Geschwindigkeit werden in gleicher Zeit mehr Lufttheilchen zur Seite geschoben; sie erhalten zugleich eine in demselben Verhältniss grössere Geschwindigkeit.

Beispiel.

Der Luftwiderstand, welchen das 6pfünder Projectil bei 295,5 m. Geschwindigkeit zu überwinden hat, beträgt 8,28 K. Wie gross ist derselbe bei 331 m. Geschwindigkeit?

$$8,28 : \psi = 295,5^2 : 331^2$$

$$\psi = 10,4 \text{ K.}$$

Wir entwickeln jetzt, gestützt auf das Luftwiderstandsgesetz, die Regeln für die gradlinige Bewegung eines Körpers im luftgefüllten Raume. Die ungleichmässige gradlinige Bewegung eines Körpers kann eine unendlich kleine Weg-

strecke als gleichmässig, die wirkende Kraft als eine constante angesehen werden. Die beiden Gleichungen $v = \frac{x}{t}$ und $\psi x = \frac{Gv^2}{2 \cdot 9,81}$ auf diese unendlich kleine Wegstrecke angewendet:

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad \psi dx = \frac{Gv dv}{9,81}.$$

ψdx bedeutet die Zunahme der Arbeit der Kraft, $\frac{Gv dv}{9,81}$ die entsprechende Zunahme der lebendigen Kraft.

Obigen Werth des Luftwiderstandes eingesetzt:

$$-bv^2 dx = \frac{Gv dv}{9,81}$$

$$-b dx = \frac{G}{9,81} \frac{dv}{v}$$

Zwischen den Gränzen $v = V$ (der Anfangsgeschwindigkeit) und $v = V_x$ (der Endgeschwindigkeit) integrirt:

$$1) \quad X = \frac{G}{9,81 b} \text{Log nat} \frac{V}{V_x}$$

Mit Hülfe der Formel $v = \frac{dx}{dt}$ erhält man noch folgende Resultate:

$$2) \quad t = \frac{G}{9,81 b} \left(\frac{1}{V_x} - \frac{1}{V} \right)$$

$$3) \quad X = \frac{G}{9,81 b} \text{Log nat} \left(\frac{9,81 b t V}{G} + 1 \right)$$

$$4) \quad t = \frac{e^{\frac{9,81 \cdot b \cdot X}{G}} - 1}{\frac{9,81 \cdot b}{G} V}$$

$$5) \quad V_x = \frac{V}{\frac{9,81 b t V}{G} + 1}$$

Aus diesen Formeln folgt: Bei gradliniger Bewegung der Geschosse im luftgefüllten Raume verhalten sich, nach Zurücklegung gleicher Wegstrecken, die Endgeschwindigkeiten, wie die mittleren Geschwindigkeiten, und wie die Anfangsgeschwindigkeiten, die Flugzeiten verkehrt wie diese.

In Zeichen:

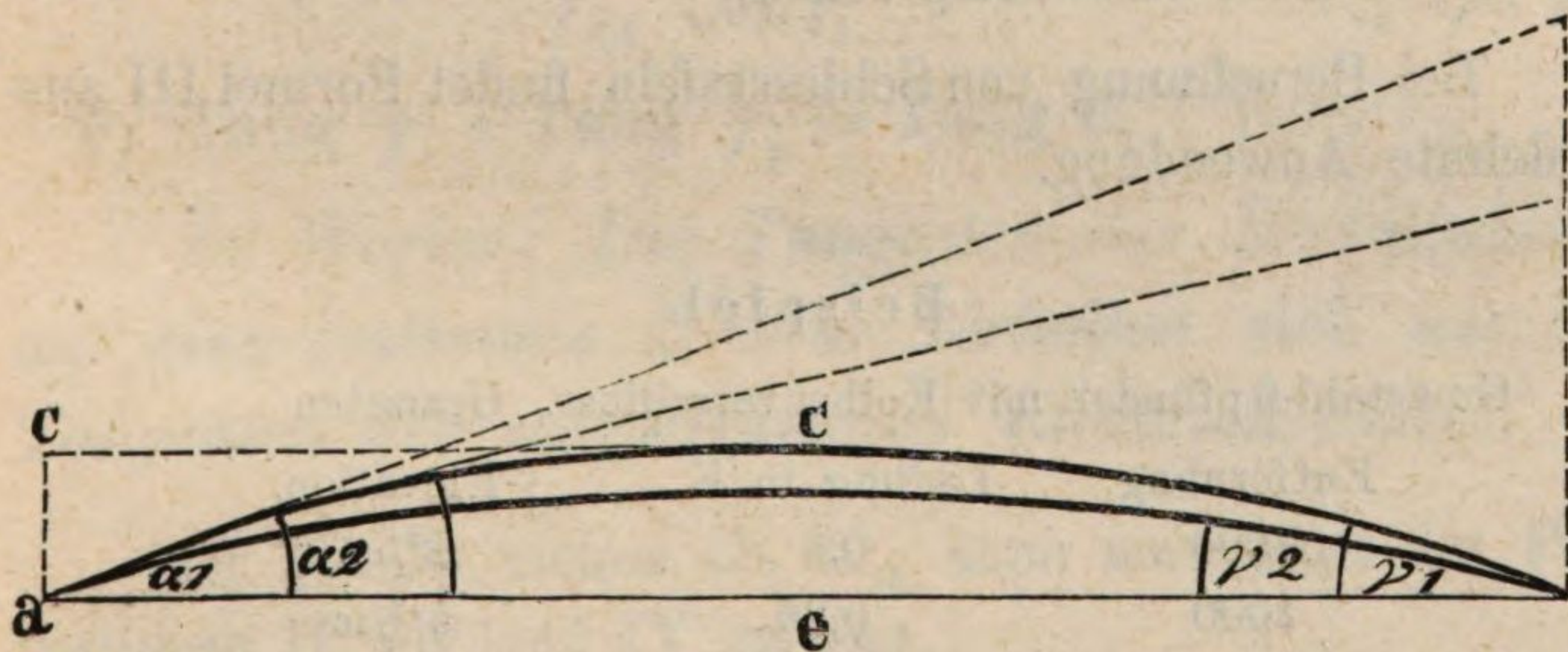
Zurückgelegte Wegstrecke = X .

Anfangsgeschw.	mittlere Geschw.	Endgeschw.	Flugzeiten.
I) $V_1 : V_2$	$= v_1 : v_2$	$= V_{x1} : V_{x2}$	$= t_2 : t_1$

C. Bewegung eines Körpers unter dem Einfluss des Luftwiderstandes und der Schwere.

Die Bewegung des Körpers soll in eine horizontale und vertikale getrennt werden. Die erste wird durch die horizontale Componente der Anfangsgeschwindigkeit $= V \cos \alpha_1$ erzeugt, und die entsprechende Bewegung muss nach obiger Regel beurtheilt werden. Die zweite, durch die vertikale

Fig. XX.



Componente der Anfangsgeschwindigkeit $= V \sin \alpha_1$ entstehende, entspricht der Bewegung eines bei a senkrecht in die Höhe geworfenen bis c_1 steigenden ($ac_1 = ec$), dann wieder zurückfallenden Körpers. Die Elevationswinkel nicht über 7° , wird man annehmen können, dass letztgenannte

Bewegung, durch den Luftwiderstand nicht bedeutend alterirt, den Fallgesetzen folgt.

1) Abhängigkeit der Elevationswinkel von der Anfangsgeschwindigkeit.

Unter obigen Voraussetzungen gelten bei zwei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} V_1 \cos \alpha_1 : V_2 \cos \alpha_2 &= t_2 : t_1 \\ \text{X Tang } \alpha_1 &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 t_1^2 \\ \text{X Tang } \alpha_2 &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 t_2^2, \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Analog} \\ \text{Gleich. I.} \end{array}$$

woraus leicht abzuleiten:

$$\text{II) } V_1^2 : V_2^2 = \sin 2\alpha_2 : \sin 2\alpha_1$$

Aus dieser Gleichung folgt unmittelbar:

$$\text{III) } \sin 2\alpha_1 : \sin 2\alpha_2 = \sin 2\beta_1 : \sin 2\beta_2,$$

in welcher Formel β_1 und β_2 die Elevationswinkel bezeichnet, welche den Anfangsgeschwindigkeiten V_1 und V_2 für eine andere Distanz (Y) entsprechen.

Bei Berechnung von Schiesstafeln findet Formel III ausgedehnte Anwendung.

Beispiel.

Gussstahl-6 pfünder mit Kolbenverschluss. Granaten.

Entfernung.	Ladung in K.	Elevation.
1000	0,6	$2^{2/16}$
1000	0,25	$5^{12/16}$
1200	0,6	$2^{9/16}$
1200	0,25	$\beta_2 = ?$
1400	0,6	$3^{1/16}$
1400	0,25	$\omega_2 = ? \text{ etc.}$

$$\sin 2 \cdot 2^{2/16} : \sin 2 \cdot 5^{12/16} = \sin 2^{9/16} : \sin \beta_2 = \sin 3^{1/16} : \sin \omega_2 \text{ etc.}$$

$$\beta_2 = 6^{15/16} \text{ statt } 7^{1/16} \text{ nach der Schiesstafel}$$

$$\omega_2 = 8^{5/16} \quad ,, \quad 8^{7/16} \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad ,,$$

2) Zusammenhang zwischen Elevations- und Einfallwinkeln.

Die Einfallwinkel werden durch die Horizontal- und Vertikalcomponenten der Endgeschwindigkeiten bestimmt.

Erstere stehen nach Gl. A in folgendem Verhältniss:

$$V_{x_1} \cos \gamma_1 : V_{x_2} \cos \gamma_2 = V_1 \cos \alpha_1 : V_2 \cos \alpha_2$$

γ_1 und γ_2 die Einfallwinkel;

V_{x_1} die Endgeschwindigkeit bei der Anfangsgeschwindigkeit V_1 ;

V_{x_2} die Endgeschwindigkeit bei der Anfangsgeschwindigkeit V_2 .

Die Vertikalcomponenten sind dieselben, wie am Anfangspunkt der Bewegung, gleich $V_1 \sin \alpha_1$ und $V_2 \sin \alpha_2$, weil ein mit geringer Geschwindigkeit senkrecht in die Höhe geworfener Körper mit nahezu gleicher Geschwindigkeit an den Anfangspunkt der Bewegung zurückkehrt.

$$\text{IV) } \text{Tang } \gamma_1 = \frac{V_1 \sin \alpha_1}{V_{x_1} \cos \gamma_1}, \quad \text{Tang } \gamma_2 = \frac{V_2 \sin \alpha_2}{V_{x_2} \cos \gamma_2}$$

$$\text{V) } \text{Tang } \gamma_1 : \text{Tang } \gamma_2 = \text{Tang } \alpha_1 : \text{Tang } \alpha_2.$$

In Worten: Die Tangenten der Einfallwinkel auf eine bestimmte Distanz verhalten sich wie die Tangenten der entsprechenden Elevationswinkel.

Der Winkel kleiner als 6° , kann auch statt der Proportionen II, III und IV gelten:

$$\text{VI) } V_1^2 : V_2^2 = \overbrace{\alpha_2 : \alpha_1}^{\text{Distanzen}} = \overbrace{\beta_2 : \beta_1}^{\text{Distanzen}} = \overbrace{\gamma_2 : \gamma_1}^{\text{Distanzen}} \text{ etc.}$$

Der Fehler, der durch diese Ungenauigkeit entsteht, beträgt weniger als $1/16^\circ$.

Beispiel.

Gezogener Gussstahl-6pfünder:

Distanz	Ladung	Elevation	Anfangsge- schwindigkeit	Endge- schwindigkeit	Einfall- winkel
1000	0,6	$2^2/16$	331 m.	298,7 m.	$2^4/16$
1000	0,25	$5^{12}/16$	$V_2 = ?$	$V_{x2} = ?$	$\gamma_2 = ?$

$$2^2/16 : 5^{12}/16 = V_2^2 : 331^2 = 2^4/16 : \gamma_2$$

$V_2 = 201,2$ m.; nach der Schiesstafel 197 m.

$\gamma_2 = 6^{1\frac{1}{2}}/16$; nach der Schiesstafel $6^4/16$.

$$331 : 201,2 = 298,7 : V_{x2}$$

$V_{x2} = 181,6$; nach der Schiesstafel 176,5.

Die Differenzen werden zum Theil durch die Abrundungsfehler der beiden der Berechnung zu Grunde gelegten Elevationswinkel veranlasst.

3) Einfluss des Geschossgewichtes auf die Bahn.

Die Bahnen zweier Geschosse, deren Anfangsgeschwindigkeit und Luftwiderstand gleich, deren Gewicht aber verschieden, sollen verglichen werden.

Hülfsatz: Zwei Körper, G_1 und G_2 , deren Anfangsgeschwindigkeit und Luftwiderstand gleich, bewegen sich in gerader Richtung im luftgefüllten Raume. Wenn G_1 die Wegstrecke X_1 , G_2 die Wegstrecke X_2 zurückgelegt hat und $G_1 : G_2 = X_1 : X_2$, stehen die Flugzeiten in demselben Verhältniss und die Endgeschwindigkeiten sind einander gleich.

In Zeichen:

V_1 die Anfangs-, V_{x1} die Endgeschw. von G_1

V_2 „ „ „ V_{x2} „ „ „ G_2

W der Luftwiderstand von G_1

W_2 „ „ „ G_2

t_1 die Flugdauer von G_1

t_2 „ „ „ G_2 .

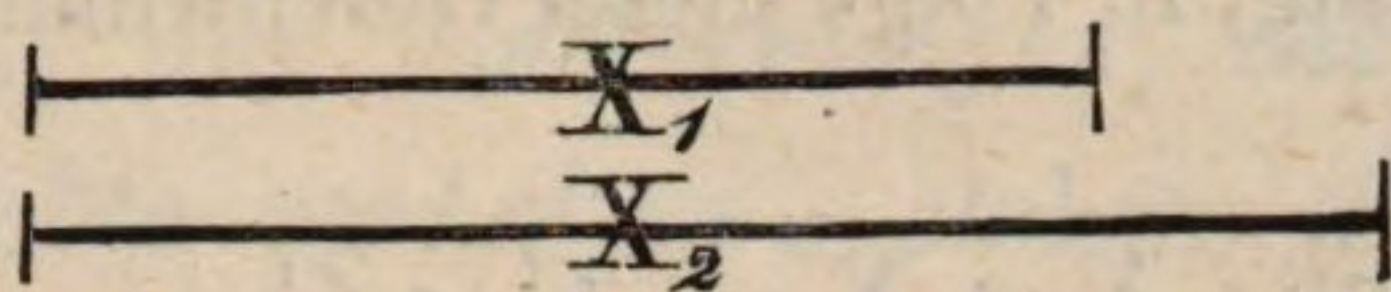
Bedingungen $V_1 = V_2$, $W_1 = W_2$

$$X_1 : X_2 = G_1 : G_2$$

Dann ist $V_{x1} = V_{x2}$ und es gilt folgendes Verhältniss:

$$t_1 : t_2 = G_1 : G_2$$

Fig. XXI.

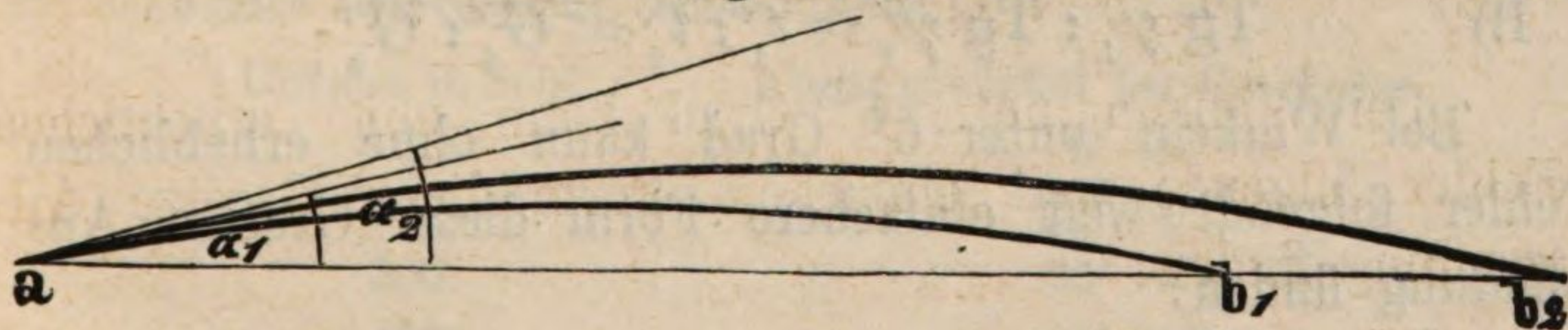


Begründung: Jede einzelne der beiden Linien X_1 und X_2 in gleich viele gleiche Theilchen zerlegt, wird sich ein solches Stück von X_1 zu einem von X_2 verhalten wie $G_1 : G_2$. In demselben Verhältniss werden die Zeiten stehen, welche jeder der beiden Körper braucht, das erste Theilchen seiner Bahn zurückzulegen. Am Ende dieser correspondirenden Zeitabschnitte wird die Verzögerung durch den gleich grossen Luftwiderstand dieselbe sein, weil die Dauer der Einwirkung den Massen proportional. Diese Schlussfolgerung auf die ganze Bahn ausgedehnt, erhält man obige, vom Luftwiderstandsgesetz unabhängige, Regel.

Anwendung auf die Bahn der Geschosse:

Die Bewegung eines Projectils nach dem Ziel kann in eine horizontale und vertikale zerlegt werden. So lange die Bahn flach, darf man annähernd annehmen, dass erstgenannte Bewegung dem oben genannten, letztere dem Fallgesetz folgt.

Fig. XXII.



ab_1 die Bahn des Projectils G_1 , α_1 der Elevationswinkel, die Schussweite X_1 ; ab_2 , α_2 , X_2 die entsprechenden Grössen für das Projectil G_2 . Die Horizontalcomponenten der beiden Anfangsgeschwindigkeiten sollen gleich sein, also:

$$V_1 \cos \alpha_1 = V_2 \cos \alpha_2.$$

Die Bewegung, in Folge dieser Geschwindigkeit, entspricht obigem Gesetze.

Wenn $X_1 : X_2 = G_1 : G_2$
gilt das Verhältniss $t_1 : t_2 = G_1 : G_2$
und die Horizontalcomponenten der Endgeschwindigkeiten
sind einander gleich.

$$V_{x_1} \cos \gamma_1 = V_{x_2} \cos \gamma_2 \quad \gamma_1 \text{ und } \gamma_2 \text{ die entsprechenden Einfallwinkel.}$$

Wenn die Bewegungen in Folge der Vertikalcomponenten der Anfangsgeschwindigkeiten vom Luftwiderstand wenig verändert werden, gelten folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} X_1 \operatorname{Tg} \alpha_1 &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 t_1^2 \\ X_2 \operatorname{Tg} \alpha_2 &= \frac{1}{2} \cdot 9,81 t_2^2 \end{aligned}$$

Woraus sich leicht ableiten lässt:

$$\text{A) } X_1 : X_2 = G_1 : G_2 = \operatorname{Tg} \alpha_1 : \operatorname{Tg} \alpha_2$$

Die Tangenten der Einfallwinkel stehen aus folgenden Gründen in demselben Verhältniss:

Die Horizontalcomponenten der Endgeschwindigkeiten sind einander gleich, die Vertikalcomponenten gleich den Vertikalcomponenten der Anfangsgeschwindigkeiten.

$$\operatorname{Tg} \gamma_1 = \frac{9,81 t_1}{V_{x_1} \cos \gamma_1} \quad \operatorname{Tg} \gamma_2 = \frac{9,81 t_2}{V_{x_2} \cos \gamma_2}$$

$$\text{B) } \operatorname{Tg} \gamma_1 : \operatorname{Tg} \gamma_2 = t_1 : t_2 = G_1 : G_2$$

Bei Winkeln unter 6^0 Grad kann ohne erheblichen Fehler folgende weit einfachere Form dieser Gesetze Anwendung finden:

Wenn Anfangsgeschwindigkeiten und Luftwiderstände der beiden Geschosse G_1 und G_2 gleich, also $V_1 = V_2$ und $W_1 = W_2$, findet folgendes Verhältniss statt:

$$\begin{aligned} \text{C) } G_1 : G_2 &= X_1 : X_2 = \alpha_1 : \alpha_2 = \gamma_1 : \gamma_2, \\ V_{x_1} &= V_{x_2} \end{aligned}$$

Das heisst, auf *Entfernungen*, die sich wie die *Geschossgewichte* verhalten, stehen die *Elevationswinkel* und die *Einfallwinkel* in demselben Verhältnisse und die *Endgeschwindigkeiten* sind einander gleich.

Beispiele.

1) Gusstählerner 24 pfünder:

Geschoss	Entfernung	Elevation	Einfallwinkel
Granaten von 27,15 K.	2000	4^{12}	5^3

Daraus soll ein Elevations- und der entsprechende Einfallwinkel für das Vollgeschoss von 34,7 K. bei einer Anfangsgeschwindigkeit (V_2) berechnet werden, welche durch die Gleichung bestimmt wird $V_1 \cos 4^{12/16} = V_2 \cos \alpha_2$.

$$G_1 : G_2 = X_1 : X_2 = \operatorname{Tg} \alpha_1 : \operatorname{Tg} \alpha_2 = \operatorname{Tg} \gamma_1 : \operatorname{Tg} \gamma_2$$

$$27,15 : 34,7 = 2000 : X_2 = \operatorname{Tg} 4^{12/16} : \operatorname{Tg} \alpha_2 = \operatorname{Tg} 5^3/16 : \operatorname{Tg} \gamma_2$$

Resultat:

Geschoss	Entfernung	Elevation	Einfallwinkel
Vollgeschoss von 34,7 K.	$2556 = X_2$	$6^{1/16} = \alpha_2$	$6^{10/16} = \gamma_2$

Die Horizontalprojection der Endgeschwindigkeit des 2. Projectils auf 2556 Schr. ist gleich der der Granate auf 2000 Schr., also $V_{x1} \cos 5^3/16 = V_{x2} \cos 6^{15/16}$.

2) Schweizer Järgergewehr, Muster 1858.

Distanz in Schr.	Abgangswinkel der Geschosse.
100	$6' 50''$
200	$14' 30''$
300	$23'$
400	$32' 20''$
500	$42' 30''$
600	$53' 30''$
700	$1^\circ 5' 20''$

Geschossgewicht 16,62 gr.

Wenn, durch Verkürzen des cylindrischen Theiles, das Geschoss-
gewicht auf 12,465 gr. herabgesetzt wird, wie gross werden die
Olivier, Elemente der Waffenlehre,

Abgangswinkel für die verschiedenen Distanzen bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit? (Anwendung der Prop. C.)

$$16,62 : 12,465 = 4 : 3 = (6' 50'') : \alpha_1 = 100 : X_2$$

$$4 : 3 = (14' 30'') : \alpha_2 = 200 : X_3 \text{ etc.}$$

Resultat:

Distanz in Schr.	Abgangswinkel der Geschosse.
75	5' 7 $\frac{1}{2}$ ''
150	10' 52 $\frac{1}{2}$ ''
225	17' 45''
300	24' 15'' etc.

- 4) Einfluss der Form des Körpers auf den Luftwiderstand, Einfluss verschiedenen Luftwiderstandes auf die Bahn der Projectile.

Die Entwicklung eines allgemeinen, die Abhängigkeit des Luftwiderstandes von der Form darstellenden, Gesetzes ist mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, und bis jetzt nur sehr unvollständig gelungen. Vollkommen genau ist dagegen folgende Beziehung:

Die Luftwiderstände ähnlicher Körper, von gleicher Oberflächenbeschaffenheit, die sich in gleicher Stellung mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, verhalten sich wie die Oberflächen derselben.

Beispiele.

- 1) Die Kraft, mit welcher der Wind auf ein Quadrat von 0,1 m. Fläche wirkt, betrage 0,2 K. Wie gross ist die Kraft, mit welcher der Wind bei gleicher Geschwindigkeit auf ein Quadrat von 1 m Flächeninhalt wirkt?

20 K.

- 2) Die Geschosse der gezogenen 6-, 12- und 24pfünder Kanonen nach preussischem System haben annähernd ähnliche Form. Ihre Durchmesser an den Wulsten betragen:

6pfünder 0,0915 m., 12 pfünder 0,123 m., 24 pfünder 0,152 m.

Der Luftwiderstand, welchen das 24 pfünder Geschoss, bei einer Geschwindigkeit von 295 m., zu überwinden hat, beträgt, nach Seite 37, 21,7 K. Wie gross ist der Luftwiderstand des 6- und 12 pfünder Projectils bei gleicher Geschwindigkeit?

$$21,7 : W_1 = 0,152^2 : 0,123^2$$

$$21,7 : W_2 = 0,152^2 : 0,0915^2$$

Resultat:

Geschoss	Luftwiderstand in K.	
24 pfünder	21,7	
12 pfünder	17,9	bei 295 m. Geschwindigkeit.
6 pfünder	7,8	

Bei kleinen Elevationswinkeln, bis zu 6^0 , so lange die Bewegungsrichtung eines Projectils nicht bedeutend von der Axenrichtung abweicht, kann man den Luftwiderstand, ohne grossen Fehler, bloss von der vorderen Begränzung abhängig annehmen, den Luftwiderstand des cylindrischen Theiles ausser Acht lassen, und erhält dann folgendes Gesetz:

Die Luftwiderstände verschiedener Projectile, deren vordere Begränzungen ähnlich sind, verhalten sich wie ihre Querschnitte, oder gleichbedeutend wie ihre Radien im Quadrate.

Beispiel.

Der Durchmesser des Projectils G_1 betrage 13,5 mm., des Projectils G_2 , mit ähnlicher Spitze, 10 mm., der Luftwiderstand des ersten bei einer bestimmten Geschwindigkeit 0,8 K. Wie gross ist der Luftwiderstand des zweiten bei der gleichen Geschwindigkeit?

$$13,5^2 : 10^2 = 0,8 : W_2$$

$$W_2 = 0,43$$

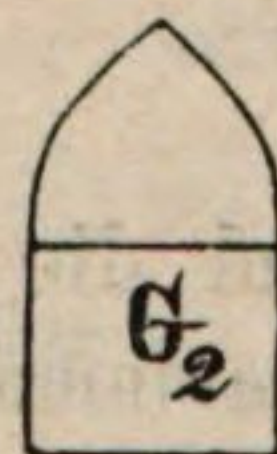
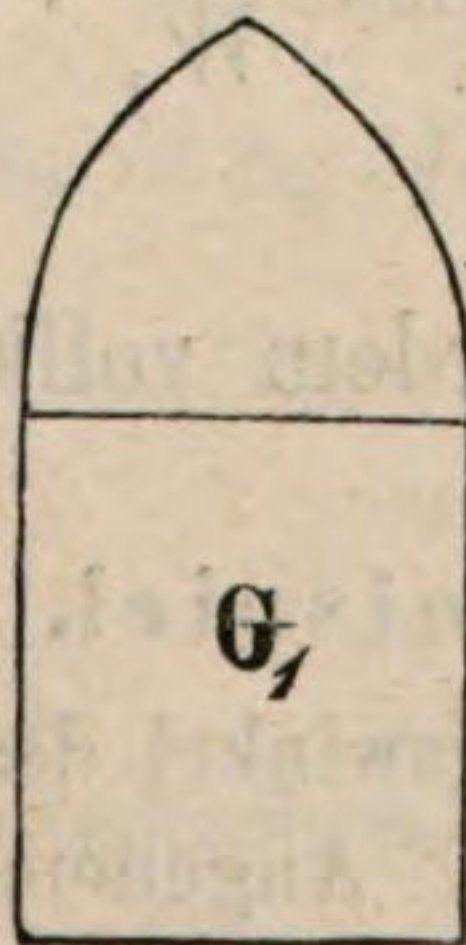


Fig. XXIII.

Die Bahnen zweier Geschosse, deren Anfangsgeschwindigkeit und Masse gleich, deren Luftwiderstand aber verschieden, sollen verglichen werden.

Bezeichne W_1 und W_2 die Luftwiderstände der beiden Projectile, die übrigen Buchstaben behalten die Bedeutungen, wie sie oben in Anwendung gebracht sind.

Kleine Elevationswinkel und die Horizontalcomponenten der Anfangsgeschwindigkeiten gleich vorausgesetzt, also $V_1 \cos \alpha_1 = V_2 \cos \alpha_2$, sind auch die Horizontalcomponenten der Endgeschwindigkeiten einander gleich, wenn die zurückgelegten Wegstrecken in folgendem Verhältnisse stehen:

$$X_1 : X_2 = \frac{1}{W_1} : \frac{1}{W_2}$$

Ausserdem gelten in diesem Fall noch folgende beiden Verhältnisse:

$$X_1 : X_2 = t_1 : t_2 = \operatorname{Tg} \alpha_1 : \operatorname{Tg} \alpha_2 = \operatorname{Tg} \gamma_1 : \operatorname{Tg} \gamma_2$$

Bei Winkeln unter 6° kann die Regel auch in folgender Form Anwendung finden:

*Wenn $V_1 = V_2$ und $X_1 : X_2 = \frac{1}{W_1} : \frac{1}{W_2}$ ist
auch $V_{x_1} = V_{x_2}$ und es verhält sich:*

$$X_1 : X_2 = t_1 : t_2 = \alpha : \alpha_2 = \gamma_1 : \gamma_2$$

Diese Regeln sind ähnlich den Formeln Seite 80, nur steht überall das Verhältniss $\frac{1}{W_1} : \frac{1}{W_2}$ an Stelle des Verhältnisses $G_1 : G_2$.

Der Beweis ist ausserdem vollkommen analog.

Beispiel.

Seite 81 sind die Abgangswinkel des Schweizer Järgergewehres, Muster 1858, zusammengestellt. Angenommen, es gelänge bei unver-

ändertem Geschossgewicht, also gleicher Anfangsgeschwindigkeit, der Spitze eine günstigere Form zu geben, so dass der Luftwiderstand um $\frac{1}{3}$ geringer, wie gross werden die neuen Abgangswinkel?

$$1 : \frac{2}{3} = (6' 50'') : \alpha_2 = 100 : X_2$$

$$1 : \frac{2}{3} = (14' 30'') : \alpha_4 = 200 : X_3 \text{ etc.}$$

Resultat:

Distanz.	Abgangswinkel.
150	10' 15'
300	21' 45' etc.

5) Einfluss veränderten Geschossgewichtes und Luftwiderstandes bei unveränderter Anfangsgeschwindigkeit auf die Bahn.

Die Regeln über den Einfluss des Geschossgewichtes und des Luftwiderstandes lassen sich leicht zusammenfassen. Wählen wir gleich die einfachere Form der betreffenden Gesetze, so ergibt sich:

Wenn $V_1 = V_2$, ist auch $V_{x_1} = V_{x_2}$, wenn folgendes Verhältniss stattfindet:

$$\frac{G_1}{W_1} : \frac{G_2}{W_2} = X_1 : X_2$$

In diesem Fall gelten auch noch folgende Proportionen:

$$X_1 : X_2 = t_1 : t_2 = \alpha_1 : \alpha_2 = \gamma_1 : \gamma_2$$

G_1 Gewicht des ersten Projectils,
 W_1 dessen Luftwiderstand,
 X_1 eine Schussdistanz.
 t_1 die entsprechende Flugdauer,
 α_1 der entsprechende Abgangswinkel,
 γ_1 der entsprechende Einfallwinkel,

$G_2, W_2, X_2, t_2, \alpha_2, \gamma_2$ die entsprechenden Werthe für das 2. Projectil

Beispiel.

24 pfünder Granate und 6 pfünder Granate:

Anfangsgeschw. Geschossgew. Durchmesser.

946'	27,15 K.	0,152 m.	24 pfünder Granate.
946'	6,9 K.	0,0915 m.	6 pfünder Granate.

Schussdistanz Elevation Einfallwinkel Endgeschw.

1000 Schr.	$2\frac{8\frac{1}{4}}{16}$	$2\frac{10\frac{1}{2}}{16}$	885' 24 pfünder Granate.
?	?	?	885' 6 pfünder Granate.

Die vorderen Begrenzungen der beiden Geschosse sind annähernd ähnlich, man kann also annehmen, dass ihre Luftwiderstände wie ihre Durchmesser im Quadrate sich verhalten.

Obige Regel angewendet, ergibt sich folgende Proportion:

$$\frac{27,15}{0,152^2} : \frac{6,9}{0,0915^2} = 1000 : X_2 = 2\frac{8\frac{1}{2}}{16} : \alpha_2 = 2\frac{10\frac{1}{2}}{16} : \gamma_2$$

$$X_2 = 701 \quad \alpha_2 = 1\frac{12\frac{1}{2}}{16} \quad \gamma_2 = 1\frac{14}{16}$$

Resultat: Dieselbe Endgeschwindigkeit, wie der 24pfünder auf 1000 Schr. hat die 6pfünder Granate auf 701 Schr. Der entsprechende Elevationswinkel beträgt $1\frac{12\frac{1}{2}}{16}$, der Einfallwinkel $1\frac{14}{16}$. Die preussischen Schiesstafeln geben an: Endgeschwindigkeit der 6pfünder Granate bei 946' Anfangsgeschwindigkeit, nach einer Wegstrecke von 700 Schr., 877,5' (statt 885'), Elevationswinkel $1\frac{11}{16}$, Einfallwinkel $1\frac{12}{16}$.

In ähnlicher Weise ist hier noch ein anderes Resultat berechnet. Die grossen Ziffern sind gegeben. Wo zwei Zahlen stehen, ist die obere nach genannter Regel berechnet, die untere die Angabe der Schiesstafel.

Anfangsgeschw. Geschossgew. Durchmesser Schussdistanz

946'	27,15 K.	0,152 m.	2000 Schr.	24 pfünder Granate
946'	6,9 K.	0,0915 m.	1402 Schr.	6 pfünder Granate

Elevation

Einfallwinkel

Endgeschw.

$5\frac{5}{16}$

$5\frac{15}{16}$

836'

24 pfünder Granate

$3\frac{11\frac{1}{2}}{16}$

$4\frac{2\frac{1}{2}}{16}$

836'

6 pfünder Granate

$3\frac{12}{16}$

$4\frac{4}{16}$

813,5'

Die Differenzen zwischen Schussresultat und Berechnung deuten an, dass die 6pfünder Granate etwas ungünstiger, als die 24pfünder Granate, geformt ist.

Die Bahnen aller Geschosse, deren Massen sich wie ihre Luftwiderstände verhalten, sind bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit congruent.

Begründung: Diese Bedingung fordert, dass $\frac{G_1}{W_1} = \frac{G_2}{W_2}$ sei; nach der vorigen Regel muss in diesem Fall auch $X_1 = X_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$, $\gamma_1 = \gamma_2$ sein.

Wichtig ist folgende Anwendung dieses Gesetzes: Eine Bleikugel und eine Eisenkugel erhalten gleiche Anfangsgeschwindigkeit. Wie müssen sich ihre Radien und ihre Gewichte verhalten, damit ihre Bahnen congruent werden?

	r_1 Radius der Eisenkugel,
	$\frac{4}{3} r_1^3 \pi \cdot 7,6$ Gewicht der Eisenkugel,
	r_2 Radius der Bleikugel,
	$\frac{4}{3} r_2^3 \pi \cdot 11,4$ Gewicht der Bleikugel,
	$r_1^2 \pi : r_2^2 \pi$ Verhältniss der Luftwiderstände der beiden Kugeln (Seite 82).

$$\frac{\frac{4}{3} r_1^3 \pi \cdot 7,6}{r_1^2 \pi} = \frac{\frac{4}{3} r_2^3 \pi \cdot 11,4}{r_2^2 \pi}$$

$$r_1 : r_2 = 11,4 : 7,6$$

Die Radien der beiden Kugeln müssen sich demnach verkehrt wie die specifischen Gewichte der beiden Körper verhalten.

Ihre Gewichte verhalten sich dann wie verkehrt die Quadrate der specifischen Gewichte.

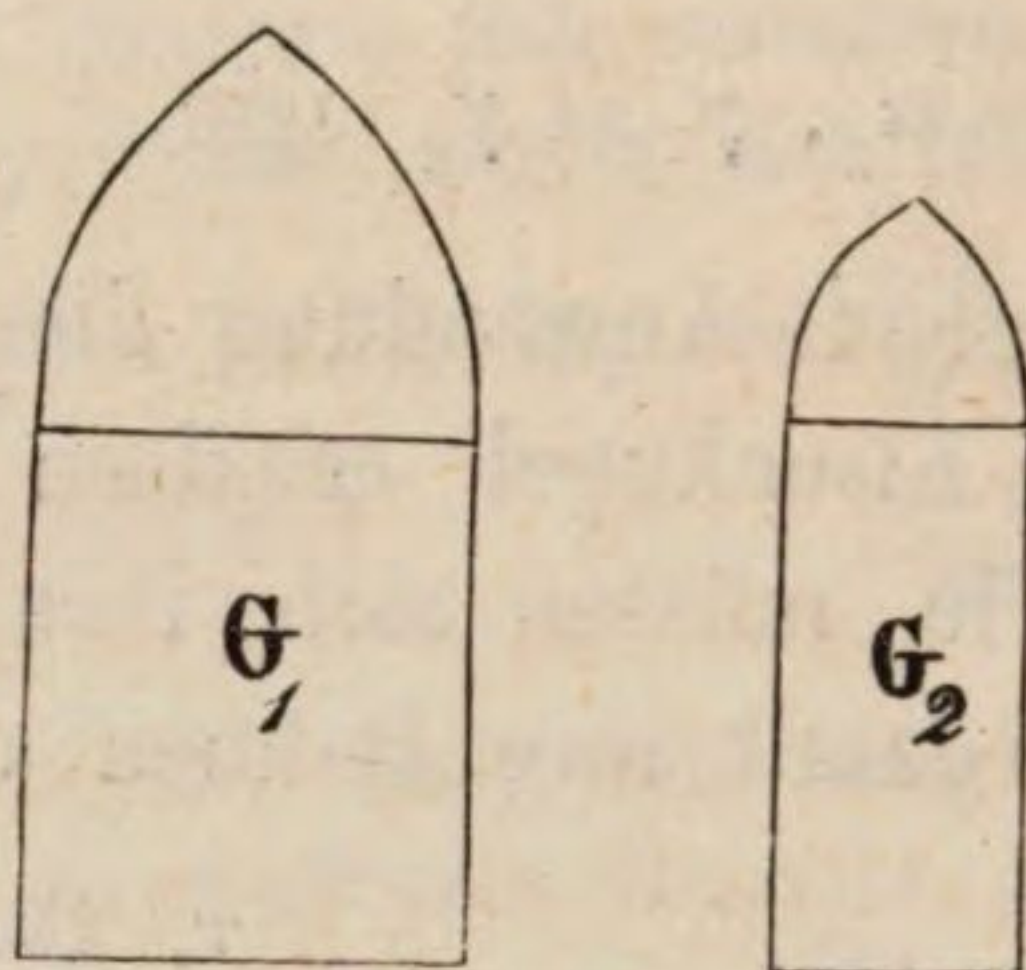
$$\frac{4}{3} 11,4^3 \cdot \pi \cdot 7,6 : \frac{4}{3} 7,6^3 \cdot \pi \cdot 11,4 = 11,4^2 : 7,6^2 = 2,24 : 1$$

Die eiserne Kugel muss also mehr als doppelt so schwer sein.

Dieses Resultat ist sehr wichtig zur Beurtheilung des Granatkartätsch- und Kartätschschusses.

Wenn die Spitzen zweier Geschosse (G_1 und G_2) ähnlich sind, und ihre Gewichte sich wie ihre Bohrungsquerschnitte ($= r_1^2 : r_2^2$) verhalten, sind ihre Bahnen bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit congruent.

Fig. XXIV.



Begründung: Folgt aus dem vorigen Gesetz und der Regel Seite 83.

Das Gesetz wird bei grösseren Elevations- und Einfallwinkeln durch den Luftwiderstand an der Cylinderfläche ungenau, der in der Regel Seite 83 nicht in Rechnung gezogen ist. Diese Bemerkung lässt schliessen, dass obiges Gesetz bei sehr kleinem Kaliber unverlässlich wird, womit aber nicht gesagt sein soll, dass ein sehr kleines Kaliber (z. B. von 0,25 mm. Halbmesser) nicht die gleiche Ausbildung der Flugbahn zulässt; im Gegentheil, das kleinere Kaliber ist immer insoferne im Vortheil, als der Spitze leichter eine günstige Form gegeben werden kann.

6) Mittel, den Luftwiderstand der Projectile zu vermindern.

Ein bestimmtes Kaliber festgehalten, hängt der Luftwiderstand wesentlich von zwei Verhältnissen ab:

- 1) von der Höhe der Spitze,
- 2) von der Form derselben.

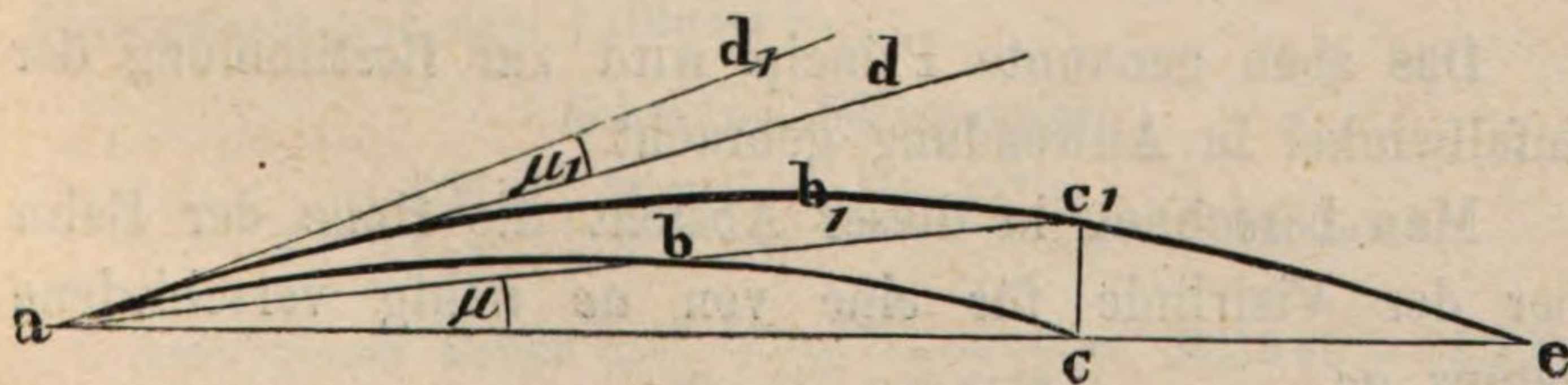
Bei unveränderter Höhe der Spitze charakterisirt sich die vortheilhafteste Form durch eine Abplattung.

Der einfachste Weg, den Luftwiderstand zu vermindern, besteht darin, die Spitze höher zu machen. Dadurch wird allerdings die Schwerpunktslage verändert, und viele halten die Sicherheit des Schusses davon abhängig, was aber gänzlich unbegründet ist. Man kann nur behaupten, dass die störenden Kräfte des Luftwiderstandes den Schwerpunkt weit vorwärts verlangen, entgegengesetzt den störenden Kräften des nachströmenden Pulvergases. Jedenfalls ist die Schwerpunktslage, die Extreme ausgeschlossen, ein ganz untergeordneter Faktor.

7) Bestimmung der Coordinaten der Bahn, der Einfallwinkel und der bestrichenen Räume aus den Elevationswinkeln.

Bei flachen Bahnlinien kann die Annahme gelten, dass die Form der Flugbahn, unter sonst gleichen Verhältnissen, bei verschiedenen Elevationswinkeln dieselbe, so dass Fläche abc congruent der Fläche ab_1c_1 ist.

Fig. XXV.



Die Fläche abc um den Punkt a nach ab_1c_1 hinauf gedreht, muss die Differenz der Richtungen der Linien ad und ad_1 ist, deren Ausdruck der Winkel μ_1 , gleich der der Linien ac und ac_1 (Winkel μ) sein.

$$\mu_1 = \mu = \alpha_1 - \alpha = \text{der Differenz der Elevationswinkel.}$$

Da bei kleinen Winkeln Bogen und Tangente nahezu gleich, ist

$$cc_1 = ac \text{ Tang } \mu = ac \text{ Tang } (\alpha_1 - \alpha)$$

Dieser Satz spielt eine sehr wichtige Rolle bei Beurtheilung der Feuerwaffen.

Beispiele.

- 1) Seite 81 sind die Elevationswinkel für das Schweizer Järgergewehr gegeben. Wie hoch erhebt sich die Flugbahn auf 300 und 500 Schr. über die Ziellinie, wenn auf 700 Schr. gefeuert wird?

$$300 \text{ Schr.} = \frac{3}{4} \cdot 300 \text{ m.} = 225 \text{ m.}$$

$$500 \text{ Schr.} = \frac{3}{4} \cdot 500 \text{ m.} = 375 \text{ m.}$$

Schuss auf 700 Schr.

$$\text{Erhebung der Bahn auf 225 m.} = 225 \text{ Tg}(1^0 5' 20'' - 23') = 2,77 \text{ m.}$$

$$,, \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad 375 \text{ m.} = 375 \text{ Tg}(1^0 5' 20'' - 42' 30'') = 2,49 \text{ m.}$$

- 2) Der preussische 4 pfünder mit 0,5 K. Ladung und 4,25 K. Geschoss- gewicht fordert folgende Elevationswinkel:

$$300 \text{ Schr.} = 225 \text{ m.} - \frac{8}{16}^0$$

$$500 \text{ Schr.} = 375 \text{ m.} - \frac{13}{16}^0$$

$$600 \text{ Schr.} = 450 \text{ m.} - 1^0$$

$$700 \text{ Schr.} = 525 \text{ m.} - 1\frac{3}{16}^0$$

Wie hoch erhebt sich die Bahn auf 300 und 500 Schritte über die Ziellinie, wenn auf 700 Schr. gefeuert wird?

$$\text{Erhebung der Bahn auf 225 m.} = 225 \text{ Tg}(1\frac{3}{16}^0 - \frac{8}{16}^0) = 2,71 \text{ m.}$$

$$,, \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad 375 \text{ m.} = 375 \text{ Tg}(1\frac{3}{16}^0 - \frac{13}{16}^0) = 2,45 \text{ m.}$$

Das eben genannte Princip wird zur Bestimmung der Einfallwinkel in Anwendung gebracht.

Man berechnet in dieser Absicht die Höhe der Bahn über der Visirlinie für eine von ae wenig verschiedene Distanz ac .

Die kurze Strecke c_1e als Gerade angenommen:

$$\text{Tg } \gamma = \frac{c_1c}{ce}$$

Wenn α_1 und α die Elevationswinkel für die Zielentfernungen ae und ac , ist

$$\text{Tg } \gamma = \frac{ac \text{ Tg}(\alpha_1 - \alpha)}{ce},$$

oder auch, bis 6° hinlänglich genau,

$$\gamma = \frac{ac}{ce}(\alpha_1 - \alpha)$$

Noch besser, mit Rücksicht auf die Krümmung der Bahn, von c_1 bis e ist folgende Formel:

$$\text{Tg } \gamma = \frac{ae \text{ Tg}(\alpha_1 - \alpha)}{ce},$$

oder auch bis 6° hinlänglich genau:

$$\gamma = \frac{ae(\alpha_1 - \alpha)}{ce}$$

Der bestrichene Raum für eine Zielhöhe H ist:

$$B = \frac{H}{\text{Tg } \gamma}$$

oder auch:
$$\frac{B = ce \cdot H}{c_1c}$$

Beispiel.

Wie gross ist der Einfallwinkel und der bestrichene Raum für eine Infanterielinie von 1,7 m. Höhe auf 700 Schr. bei dem Schweizer Järgergewehr und dem 4pfünder?

Schweizer Järgergewehr:

$$\gamma = \frac{700 (1^\circ 5' 20'' - 53' 30'')}{100} = 1^\circ 24' 30''$$

$$\text{bestrichener Raum} = \frac{1,7}{\text{Tg } (1^\circ 24' 30'')} = 69,16 \text{ m.} = 92,2 \text{ Schr.}$$

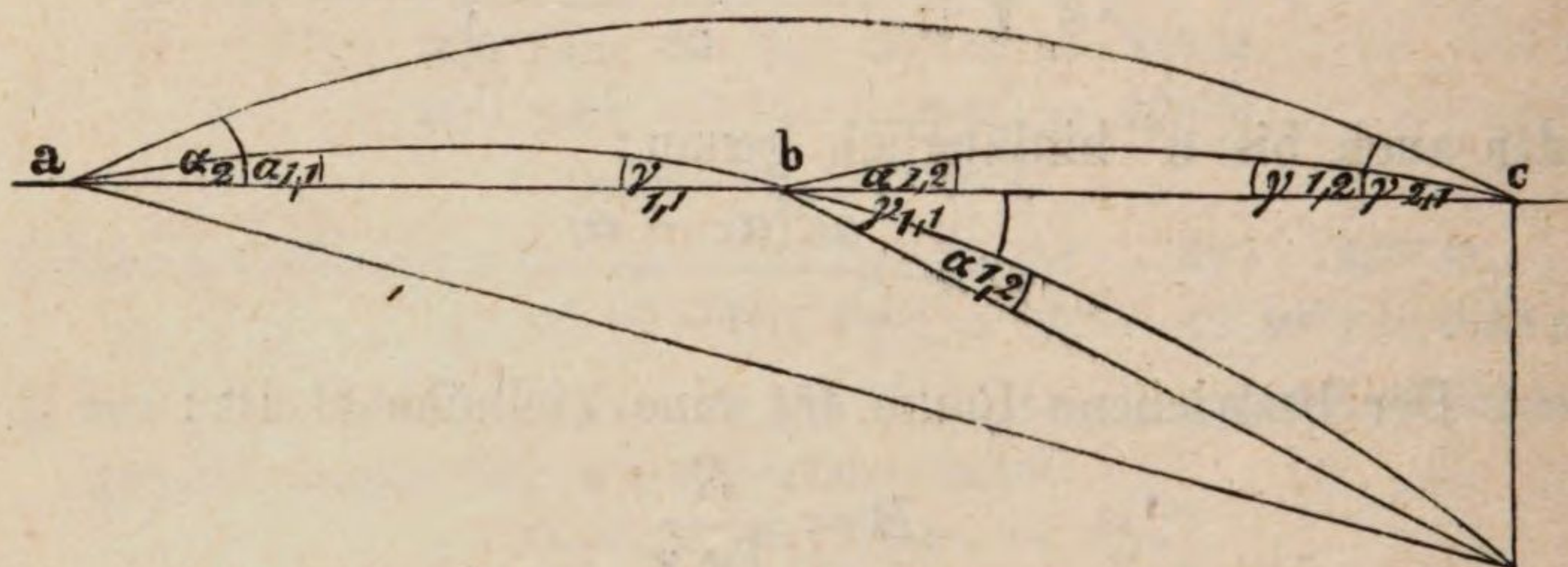
4 pfünder:

$$\gamma = \frac{700(1^{5/16^0} - 1^0)}{100} = 1^{5/16^0} =$$

$$\text{bestrichener Raum} = \frac{1,7}{\text{Tg } (1^{5/16^0})} = 74,2 \text{ m.} = 98,9 \text{ Schr.}$$

Die Anwendung desselben Aufsatzes, bei gleich entfernten, aber höher oder tiefer liegenden Zielen, beruht ebenfalls auf dem oben genannten Princip. Durch dieses Verfahren wird Terrain- und Elevationswinkel addirt oder subtrahirt. Wenn z. B. Punkt c_1 , Fig. XXV, getroffen werden soll, wird mit dem Aufsatz für ac nach c_1 gezielt, oder gleichbedeutend, man schießt mit dem Elevationswinkel $\alpha_1 + c_1ac$.

Fig. XXVI.



Folgende Beziehungen zwischen Elevations- und Einfallswinkeln, die sich aus dem oben genannten Princip ableiten lassen, verdienen Erwähnung:

$$ab = bc = cd \text{ etc.}$$

Distanz	Elevationswinkel	Fallwinkel
ab	$\alpha_{1,1}$	$\gamma_{1,1}$
ac	α_2	γ_2
ad	α_3	$\gamma_3 \text{ etc.}$
$V_{1,1}$	Geschwindigkeit des Projectils in a	
$V_{1,2}$	„	„ b
$V_{1,3}$	„	„ $c \text{ etc.}$

Elevations- u. Fallwinkel für die Anfangsgeschw. u. die Distanz

$\alpha_{1,1}$ und $\gamma_{1,1}$	$V_{1,1}$	ab
$\alpha_{1,2}$ „ $\gamma_{1,2}$	$V_{1,2}$	bc
$\alpha_{1,3}$ „ $\gamma_{1,3}$	$V_{1,3}$	cd etc.

Elevations- und Fallwinkel:

Di- stanz	Elevationswinkel	Differenzen	Fallwinkel
0	0		0
ab	$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{1,1}$	$\gamma_{1,1}$
ac	$\alpha_2 = \alpha_{1,1} + \frac{1}{2}(\gamma_{1,1} + \alpha_{1,2})$	$\frac{1}{2}(\gamma_{1,1} + \alpha_{1,2})$	$\gamma_2 - \gamma_{1,2} + \alpha_2 - \alpha_{1,1}$
ad	$\alpha_3 = \alpha_2 + \frac{1}{3}(\gamma_2 + \alpha_{1,3})$	$\frac{1}{3}(\gamma_2 + \alpha_{1,3})$	$\gamma_3 = \gamma_{1,3} + 2(\alpha_3 - \alpha_2)$
$\alpha_2 - \alpha_{1,1} = \gamma_2 - \gamma_{1,2} = \frac{1}{2}(\gamma_{1,1} + \alpha_{1,2})$			
$\alpha_3 - \alpha_2 = \frac{1}{2}(\gamma_3 - \gamma_{1,3}) = \frac{1}{3}(\gamma_2 + \alpha_{1,3})$			

Bei Ausgleichung einer durch Versuche erhaltenen Reihe von Elevationswinkeln werden die obigen Differenzen oft einander gleich gesetzt. Dadurch verwandelt man die Flugbahn in einen Kreisbogen, sehr bequem, aber nicht sehr genau, denn $\alpha_{1,1} < \gamma_{1,1} < \alpha_{1,2} < \gamma_{1,2}$, also auch $\alpha_{1,1} < \frac{1}{2}(\gamma_{1,1} + \alpha_{1,2}) < \frac{1}{3}(\gamma_2 + \alpha_{1,3})$ etc.

Aus den Gleichungen II und IV Seite 76 und 77 und der Proportion I Seite 75 lässt sich leicht ableiten:

$$\alpha_{1,2} = \frac{\gamma_{1,1}^2}{\alpha_{1,1}} \quad \gamma_{1,2} = \frac{\alpha_{1,2}^2}{\gamma_{1,1}}$$

Diese beiden Gleichungen und die oben genannten leisten sehr gute Dienste bei Berechnung der Schiesstafeln.

Beispiel.

6 pfünder mit Kolbenverschluss; 0,6 K. Ladung, Granaten von 6,9 K. Gewicht:

Distanz in Schr.	Elevationswinkel
800 = ab	$1,635^0 = 1^{10/16} = \alpha_{1,1}$
1600 = ac	$3,5625^0 = 3^9/16 = \alpha_2$

Aus diesen beiden Daten soll die ganze Bahn berechnet werden.

Man erhält:

$$\alpha_{1,1} = 1,635, \quad \alpha_{1,2} = 2,0324, \quad \alpha_{1,3} = 2,526,$$

welche Zahlen das Verhältniss der Quadrate der Geschossgeschwindigkeiten in den Entfernungen $X = 0$, $X = 800$ und $X = 1600$ angeben (Regel VI Seite 77),

$$\gamma_{1,1} = 1,8229, \quad \gamma_{1,2} = 2,266, \quad \gamma_{1,3} = 2,8167,$$

welche Grössen nach genannter Regel in demselben Verhältnisse stehen.

Distanz		400	800	1600	2400
Elevations- winkel	berechnet	0,7828	Gegeben	Gegeben	5,8
	Schiesstafel	0,81	1,635	3,5625	5,69
Fallwinkel	berechnet	0,971	1,8229	4,193	7,29
	Schiesstafel	0,81	1,75	4,06	7,0 etc.

Alle bis jetzt genannten Regeln beziehen sich selbstverständlich auf die wirklichen Abgangswinkel der Geschosse, auf die Elevationswinkel der Waffe selbst, nur unter der Bedingung, dass beide Grössen identisch, was aber in der Regel, wegen der Bewegungen während des Schusses, nicht der Fall ist.

Bei der kleinen Feuerwaffe geht die Richtung der Kraft nicht durch den Schwerpunkt des Körpers, in Folge dessen dieser, frei schwebend, durch den Rückstoss nach rückwärts überschlagen würde, wesshalb der Elevationswinkel der Waffe auf alle Distanzen um eine bestimmte Grösse kleiner gegeben werden müsste, als der Abgangswinkel der Geschosse. Dem entgegen stehen aber zwei andere stärkere Verhältnisse. Wenn der Lauf durch die Gasspannung sich etwas dehnt, so muss er, während des Schusses, auf der dem Schaft entgegengesetzten Seite etwas ausbiegen, was eine Ablenkung der Geschossrichtung nach abwärts veranlasst. Ferner ist bemerkenswerth, dass der Kolben an der Schulter des Schützen durch den Rückstoss in der Regel etwas heraufgeschoben wird, was ebenfalls eine Richtungsveränderung nach abwärts bewirkt. Dieser Einfluss ist sogar variabel,

weil die Art des Anschlages mit der Aufsatzhöhe sich ändert.

Aus diesen Gründen ist der Elevationswinkel der Waffe bei Pistolen kleiner, als der Abgangswinkel der Projectile; bei Gewehren entgegengesetzt.

Beispiel.

Man findet im Plönnies folgende Angaben über die Elevationswinkel des Schweizer Järgergewehres, Muster 1856:

Distanz	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Elevation in Secunden	0	788	1182	1591	2164	2884	3598	4357	5350
Differenzen	788	394	409	573	720	714	759	993	

Aus der Differenzenreihe ergibt sich augenscheinlich, dass die Abgangswinkel der Geschosse nicht dieselben sein können, weil die erste Differenz die kleinste sein muss.

Richtiger, wenn auch nicht fehlerfrei, ist folgende Zusammenstellung:

Distanz	0	100	200	300	400	500	600	700	800
Elevationswinkel der Projectile in Secunden	0	358	769	1241	1783	2405	3119	3939	4880
Differenzen	358	411	472	542	622	714	820	941	

Daraus geht hervor, dass die Ablenkung des Projectils durch den Schuss 358" nach abwärts beträgt.

Der einfachste Weg in ähnlichen Fällen der Wahrheit nahe kommende Resultate zu erhalten, besteht darin, die 2. und 3. Differenzreihe zu bilden und diese auszugleichen. Es muss übrigens auch möglich sein, aus nur 3 Elevationswinkeln, wenn sie alle den gleichen Fehler enthalten, alle übrigen mit hinlänglicher Genauigkeit zu bestimmen.

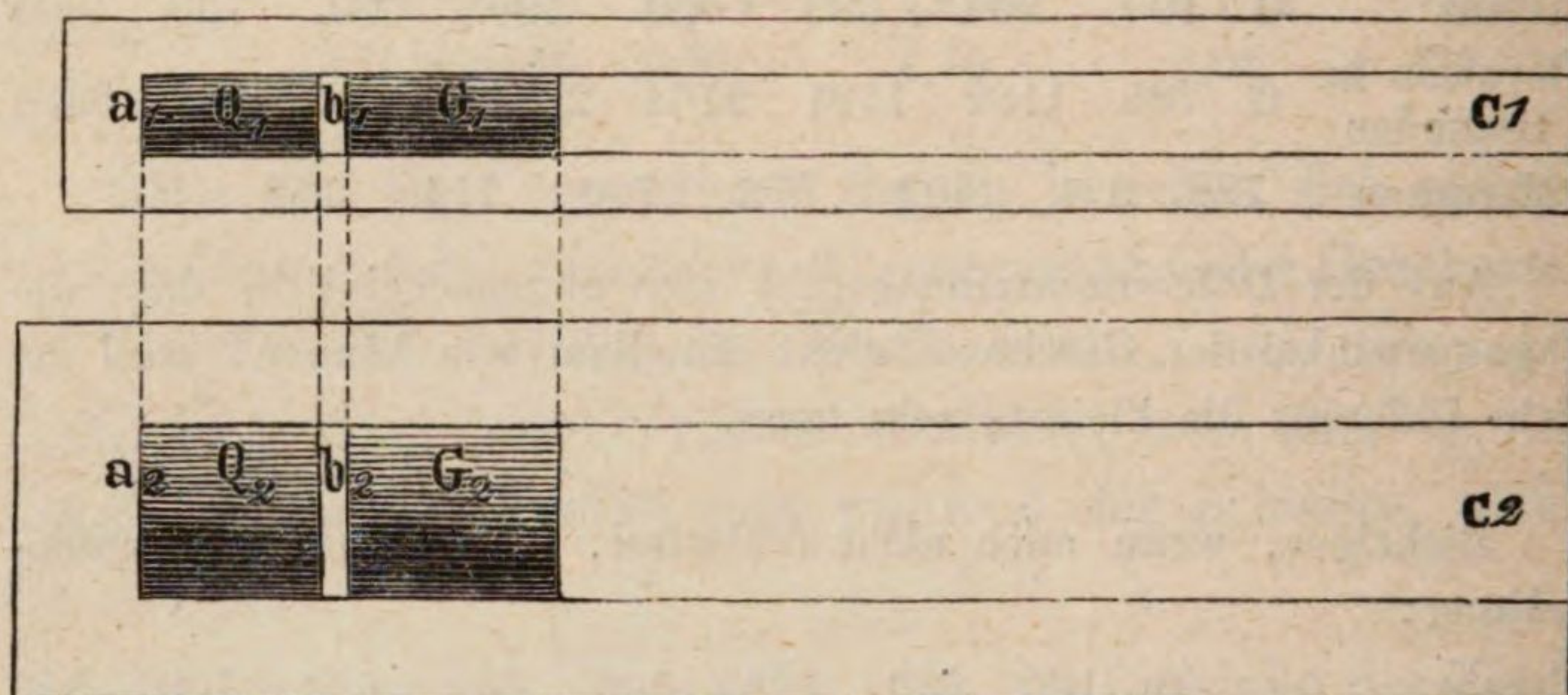
III. Capitel.

Die Combination der verschiedenen Gesetze des vorigen Capitels ergibt die hier folgenden Regeln:

I. Das Kalibergesetz.

Zwei verschiedene Feuerwaffen, A_1 und A_2 , sind gegeben.

Fig. XXVII.



Wenn die Ladungen und Geschossgewichte sich wie die Bohrungsquerschnitte verhalten, also $Q_1 : Q_2 = G_1 : G_2 = r_1^2 : r_2^2$, die Ladungsräume in demselben Verhältnisse stehen, also $a_1 b_1 = a_2 b_2$ und ausserdem $a_1 c_1 = a_2 c_2$, sind die Anfangsgeschwindigkeiten einander gleich ($V_1 = V_2$).

Wenn zugleich die Spitzen der Geschosse ähnlich, sind ihre Flugbahnen congruent.

Wenn beide Rohre aus gleichem Material, und an allen correspondirenden Stellen die Wandstärken sich wie die Radien der Bohrungen verhalten, also

$$D_1 : D_2 = r_1 : r_2 \quad D_1 \text{ und } D_2 \text{ die Wandstärken.}$$

besitzen sie dieselbe Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluss der Pulvergase, ebenso ist ihre Erwärmung bei gleich raschem Feuern gleich stark.

Begründung: Nach Seite 68 stehen in diesem Fall die wirkenden Kräfte in demselben Verhältnisse, wie die Bohrungsquerschnitte ($r_1^2 : r_2^2$), verhalten sich also nach obiger Bedingung wie die Geschossgewichte, folglich sind die Anfangsgeschwindigkeiten gleich.

Nach Seite 88 sind die Bahnen congruent.

Nach Seite 68 sind die Spannungen in beiden Rohren gleich, woraus leicht das Gesetz über die Wandstärken abzuleiten.

Bei dem ersten Theil des obigen Gesetzes entstehen dadurch kleine Fehler, dass die Reibung bei den zwei Geschossen in der Regel nicht in dem Verhältnisse $r_1^2 : r_2^2$ steht, sondern eher proportional der sich reibenden Fläche angenommen werden kann. Sie ist demnach bei dem kleineren Kaliber vergleichsweise etwas grösser.

Der zweite Theil des Gesetzes wird dadurch nicht ganz genau, dass der Luftwiderstand des cylindrischen Theiles der beiden Projectile nicht in Rücksicht genommen ist. Es wäre ganz genau, wenn die Geschosse auch noch die Bedingung erfüllten, ähnlich in der Form zu sein.

Beispiel.

Bayrisches Infanteriegewehr, Modell 1858:

$$2r = 13,9 \text{ mm.}, \quad Q_1 = 4 \text{ Gr}, \quad G_1 = 29,64 \text{ Gr}$$

Ein Gewehr, dessen Kaliber 10 mm. mit gleicher Bohrungslänge, wird projectirt.

Welches Gewicht der Ladung und des Projectils gibt gleiche Anfangsgeschwindigkeit mit dem vorigen?

$$4 : Q_2 = 29,64 : G_2 = 13,9^2 : 10^2$$

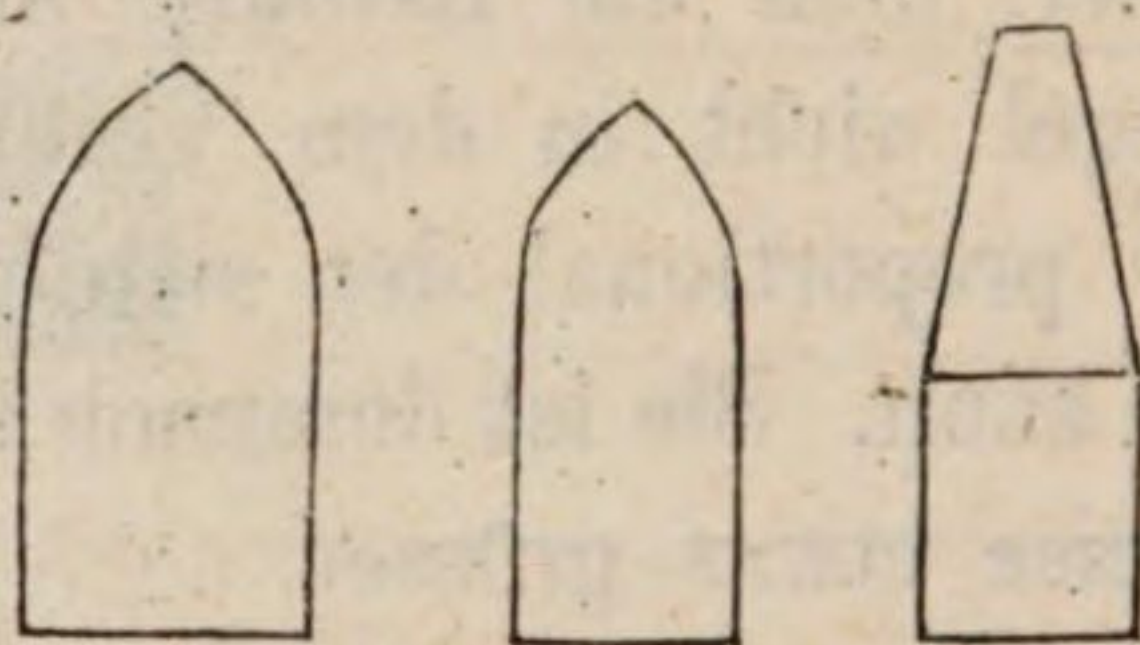
$$Q_2 = 2,07 \quad G_2 = 15,3$$

Die Bedingungen, welche die Geschossform des kleinen Kalibers erfüllen muss, damit die Flugbahnen congruent, ergeben sich aus dem Gesetz.

Anmerkung: Das Kalibergesetz ist die wichtigste Regel der ganzen Ballistik. Mit seiner Hülfe kann man oft auf den ersten Blick die Ueberlegenheit einer Waffe in Bezug auf die Bahn vorhersagen.

Für die kleine Feuerwaffe und die Repetirgeschütze ist die genannte Regel von besonderer Bedeutung. Gestützt auf sie, lässt sich die Behauptung rechtfertigen, dass ein kleineres Kaliber in den weitesten Gränzen eine grössere Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Bahn besitzt; demselben kann immer eine vortheilhaftere Form der Spitze gegeben werden, weil eine kürzere Führung genügt.

Fig. XXVIII.



2) Einfluss der Ladung auf die Elevations- und Einfallwinkel.

Wenn, bei unverändertem Ladungsraum, Elevations- und Einfallwinkel für eine Ladung und ausserdem noch ein Elevationswinkel für eine zweite, nicht zu nahe liegende, bekannt sind, können alle Elevations- und Einfallwinkel für alle Ladungen auf folgende Weise berechnet werden:

Man sucht zuerst die (durch die Reibung) verlorene Ladung (Q_x) aus der Proportion:

$$(Q_1 - Q_x) : (Q_2 - Q_x) = \frac{\text{Distanz } X}{\text{Ladung } Q_2} : \frac{\text{Ladung } Q_1}{\text{Sin } 2\alpha_1}$$

Beispiel.

Gusstahl 4 pfünder mit Granaten:

Ladung	Distanz	Elevationswinkel
0,5 K.	1000	$2^{13/16}$
0,25	1000	$3^{13/16}$

$$(0,5 - Q_x) : (0,25 - Q_x) = \sin 2 \cdot 3^{13/16} : \sin 2 \cdot 2^{13/16}$$

$$Q_x = 0,038 \text{ K.}$$

Die Elevations- und Einfallwinkel für eine beliebige Ladung und eine beliebige Distanz findet man dann aus der Proportion:

$$(Q_1 - Q_x) : (Q_n - Q_x) = \frac{\sin 2\beta_y}{\sin 2\alpha_y} \quad \begin{matrix} \text{Distanz } Y \\ \text{Ladung } Q_n \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{Ladung } Q_1 \end{matrix}$$

Beispiel.

Der Elevations- und Einfallwinkel der 4pfünder Granate auf 2000 Schritte bei 0,4 K. Ladung soll berechnet werden.

Ausser den Angaben in der letzten Aufgabe ist nach der Bedingung gegeben:

Ladung	Distanz	Elevation	Einfallwinkel
0,5 K.	2000	$4^{1/16}$	$4^{13/16}$

$$(0,5 - 0,038) : (0,4 - 0,038) = \sin 2 \cdot 4^{1/16} : \sin 2 \cdot \beta_n$$

Elevationswinkel bei 2000 Schr. und 0,4 K. Ladung $= \beta_n = 5^{8/16}$, nach der Schiesstafel $5^{2/16}$.

Den Einfallwinkel findet man aus der Proportion:

$$\text{Tg } 4^{1/16} : \text{Tg } 5^{2/16} = \text{Tg } 4^{13/16} : \text{Tg } \varrho_n$$

Einfallwinkel bei 2000 Schr. Distanz und 0,4 K. Ladung $= \varrho_n = 6^2$, statt 6^4 nach der Schiesstafel.

Bei kleinen Winkeln kann die Proportion gelten:

$$(Q_1 - Q_x) : (Q_2 - Q_x) = \alpha_n : \beta_n$$

$$\text{ebenso } (Q_1 - Q_x) : (Q_n - Q_x) = \frac{\text{Elevations-}}{\text{winkel}} \beta_n : \frac{\text{Einfall-}}{\text{winkel}} \alpha_n = \varrho_n : \gamma_n$$

Dieses Gesetz erleichtert die Berechnung aller Schiess- und Wurftafeln ungemein. Man erhält dasselbe durch Combination der Regeln Seite 60 und 76.

Bei der kleinen Feuerwaffe werden diese Regeln dadurch ungenau, dass der Ladungsraum gewöhnlich der Ladung proportional. In diesem Fall gilt folgendes Gesetz:

Wenn die Entfernungen des Geschossbodens von der Mündung, ebenso die Ladungsräume, der Ladung proportional, verhalten sich die Elevationswinkel verkehrt wie diese.

Man erhält diese Regel durch Combination der Gesetze Seite 61 und 76.

Beispiel.

Die Elevationswinkel für die Geschosse des Werder-Gewehres mit der Berdanpatrone sind annähernd folgende:

Distanz	Elevationswinkel in Secunden	Ladung 4,3 Gr, Entfernung des Geschossbodens von der Mündung 0,9 m.
800	5224	
1000	7230	
1200	9514	
1400	12084	

Dasselbe Geschoss soll bei einem Repetirgeschütz Anwendung finden, bei welchem jedoch die Ladung, ebenso die Entfernung vom Geschossboden bis zur Mündung um $\frac{1}{3}$ grösser, so dass erstere 5,72 Gr, letztere 1,2 m. beträgt. Wie gross werden die Elevationswinkel für die Geschosse?

$$5224 : \alpha_{x1} = \frac{4}{3} : 1 = 4 : 3$$

$$7230 : \alpha_{x2} = 4 : 3 \text{ etc.}$$

Entfernung	Elevationswinkel in Secunden	} Resultat.
800	3918	
1000	5422	
1200	7135	
1400	9063	

Bis auf 1100 Schr. ist die Bahn flacher als die des 4pfünders.

3) Einfluss des Geschossgewichtes auf die Elevations- und Einfallwinkel bei unveränderter Ladung.

Man kennt die Elevations- und Einfallwinkel des Projectils G_1 mit der Ladung Q . Unter sonst gleichen Verhältnissen soll das Geschoss G_2 Anwendung finden, das sich von G_1 nur durch sein Gewicht unterscheidet. Sein Elevations- und Einfallwinkel werden gesucht.

Die Untersuchung zerfällt in zwei Theile. Der erste bestimmt die gesuchten Elevations- und Einfallwinkel unter der Voraussetzung, dass die Horizontalcomponenten der Anfangsgeschwindigkeiten, oder, bei kleinen Winkeln, die Anfangsgeschwindigkeiten selbst einander gleich (Regel S. 80).

Die einfachere Form des Gesetzes lautet:

$$\text{Bedingung } V_1 = V_2$$

Dann gilt folgende Proportion:

$$G_1 : G_2 = X_1 : X_2 = \alpha_1 : \alpha_2 = \gamma_1 : \gamma_2$$

und $V_{x_1} = V_{x_2}$

Beispiel.

Gusstählerner 24 pfünder:

Geschossgew.	Ladung	Entfernung	Elevation	Einfallwinkel
27,15 K.	2,25 K.	1000 Schr.	$2^4/16$	$2^6/16$

Daraus soll ein Elevations- und der entsprechende Einfallwinkel für das Vollgeschoss von 34,7 K. bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit berechnet werden.

$$27,15 : 34,7 = 1000 : X_2 = 2^4/16 : \alpha_2 = 2^6/16 : \gamma_2$$

Resultat:

Geschossgewicht	Entfernung	Elevation	Einfallwinkel
34,7	1278 Schr.	$2^{14}/16$	3,04

Der zweite Theil der vorliegenden Untersuchung bestimmt die Veränderung der Elevations- und Einfallwinkel, welche dadurch entsteht, dass Projectil G_2 eine andere Anfangsgeschwindigkeit besitzt.

Wenn die Projectile G_1 und G_2 mit derselben Ladung abgeschossen werden, stehen ihre Anfangsgeschwindigkeiten nach Seite 64 in folgender Proportion:

$$V_1^2 : V_2^2 = (G_2 + \frac{1}{3} Q) : (G_1 + \frac{1}{3} Q)$$

Da also V_2 nicht gleich V_1 , wie vorher vorausgesetzt wurde, sondern diese beiden Grössen in dem eben genannten Verhältnisse stehen, müssen dem entsprechend alle unter dieser Voraussetzung berechneten Elevations- und Einfallwinkel abgeändert werden.

Die einfachere Form der betreffenden Gesetze (Seite 77) in Anwendung gebracht:

$$\begin{aligned} V_1^2 : V_2^2 = (G_2 + \frac{1}{3} Q) : (G_1 + \frac{1}{3} Q) &= \alpha_x : \alpha_2 \\ &= \gamma_x : \gamma_2 \end{aligned}$$

Beispiel.

- 1) In dem vorigen Beispiel sollen die Elevations- und Einfallwinkel des Projectils von 34,7 K. Gewicht mit 2,25 K. Ladung bestimmt werden.

$$\begin{aligned} (34,7 + \frac{1}{3} \cdot 2,25) : (27,15 + \frac{1}{3} \cdot 2,25) &= \alpha_x : 2^{14/16} = \gamma_x : 3,04 \\ \alpha_x &= 3^{10/16} \quad \gamma_x = 3^{14/16} \end{aligned}$$

Resultat:

Distanz	Ladung	Geschossgew.	Elevation	Einfallwinkel
1278	2,25	34,7	$3^{10/16}$	$3^{14/16}$
	nach der Schiesstafel		$3^{11/16}$	$3^{15/16}$

- 2) Die Elevationswinkel für das Projectil des Schweizer Järgergewehres sind Seite 95 gegeben. Ladung 4 Gr, Geschossgewicht 16,62 Gr. Das Geschossgewicht bei unveränderter Spitze in dem Verhältnisse von 4:3 vermindert, wie gross werden die neuen Elevationswinkel?

$$\begin{aligned} 16,62 : 12,48 &= 300 : X_2 = 1241 : \beta_1 \\ 4 : 3 &= 400 : X_3 = 1783 : \beta_2 \quad \text{etc.} \end{aligned}$$

Erster Theil der Berechnung.	Distanz 225 300	Elevation in Secunden 931 1337
Zweiter Th. (16,62 + $\frac{1}{3} \cdot 4$) : (12,48 + $\frac{1}{3} \cdot 4$) = 1783 : β_y = 931 : β_x der Berechn.	$\beta_x = 715, \quad \beta_y = 1276$	

Resultat:

Ladung	Geschossgew.	Distanz in Schr.	Elevation in Secunden
4 Gr	12,48	225	715
4 Gr	12,48	300	1276

In dieser Weise kann die ganze Bahn des neuen Projectils berechnet werden.

4) Einfluss proportional veränderten Luftwiderstandes und Geschossgewichtes auf die Bahn, bei gleicher Ladung.

Die Combination der Gesetze Seite 72 und 87 ergibt folgende Beziehung:

Wenn Geschossgewicht und Luftwiderstand in demselben Verhältnisse verändert werden, die Ladung dagegen dieselbe bleibt, ändern sich die Elevations- und Einfallwinkel auf alle Distanzen in folgendem Verhältniss:

$$(G_1 + \frac{1}{3} Q) : (G_2 + \frac{1}{3} Q) = \overbrace{\sin 2\beta_1 : \sin 2\alpha_1}^{X_1 \text{ die Schussdistanz}}$$

$$\overbrace{\text{Tg } \beta_1 : \text{Tg } \alpha_1}^{\text{Elevationswinkel}} = \overbrace{\text{Tg } \varrho_1 : \text{Tg } \gamma_1}^{\text{Einfallwinkel}}$$

α_1 Elevation von G_1

ϱ_1 Fallwinkel von G_1

β_1 „ „ G_2

γ_1 „ „ G_2

Bei kleinen Winkeln kann auch gelten:

$$(G_1 + \frac{1}{3} Q) : (G_2 + \frac{1}{3} Q) = \overbrace{\beta_1 : \alpha_1 = \varrho_1 : \gamma_1}^{X_1 \text{ die Schussdistanz}}$$

Beispiel.

Angenommen, es gelänge bei dem Projectil des Schweizer Jägergewehres Geschossgewicht und Luftwiderstand in dem Verhältniss wie 4 : 3 zu vermindern, wie ändern sich die Elevationswinkel?

$$\begin{aligned} & \text{600 Schr. Schuss-} \\ & \text{distanz} \\ (16,62 + \frac{1}{3} \cdot 4) : (12,48 + \frac{1}{3} \cdot 4) &= \overbrace{3119 : \beta_1} \\ & \text{800 Schr. Schuss-} \\ & \text{distanz} \\ (16,62 + \frac{1}{3} \cdot 4) : (12,48 + \frac{1}{3} \cdot 4) &= \overbrace{4880 : \beta_2} \text{ etc.} \\ \text{Elevationswinkel auf 600} &= \beta_1 = 2397 \text{ Secunden} \\ \text{„ „ 800} &= \beta_2 = 3750 \text{ „} \end{aligned}$$

Alle Elevations- und Einfallwinkel werden beinahe in dem Verhältniss 4 : 3 kleiner, die bestrichenen Räume in diesem Verhältniss grösser.

Annähernd kann auch folgende Form dieses Gesetzes gelten :

Wenn (bei unveränderter Ladung) Geschossgewicht und Luftwiderstand in demselben gleichen Verhältniss verändert werden, verändern sich alle Elevations- und Einfallwinkel verkehrt in derselben Proportion.

5) Ausbildung der Flachheit der Bahn.

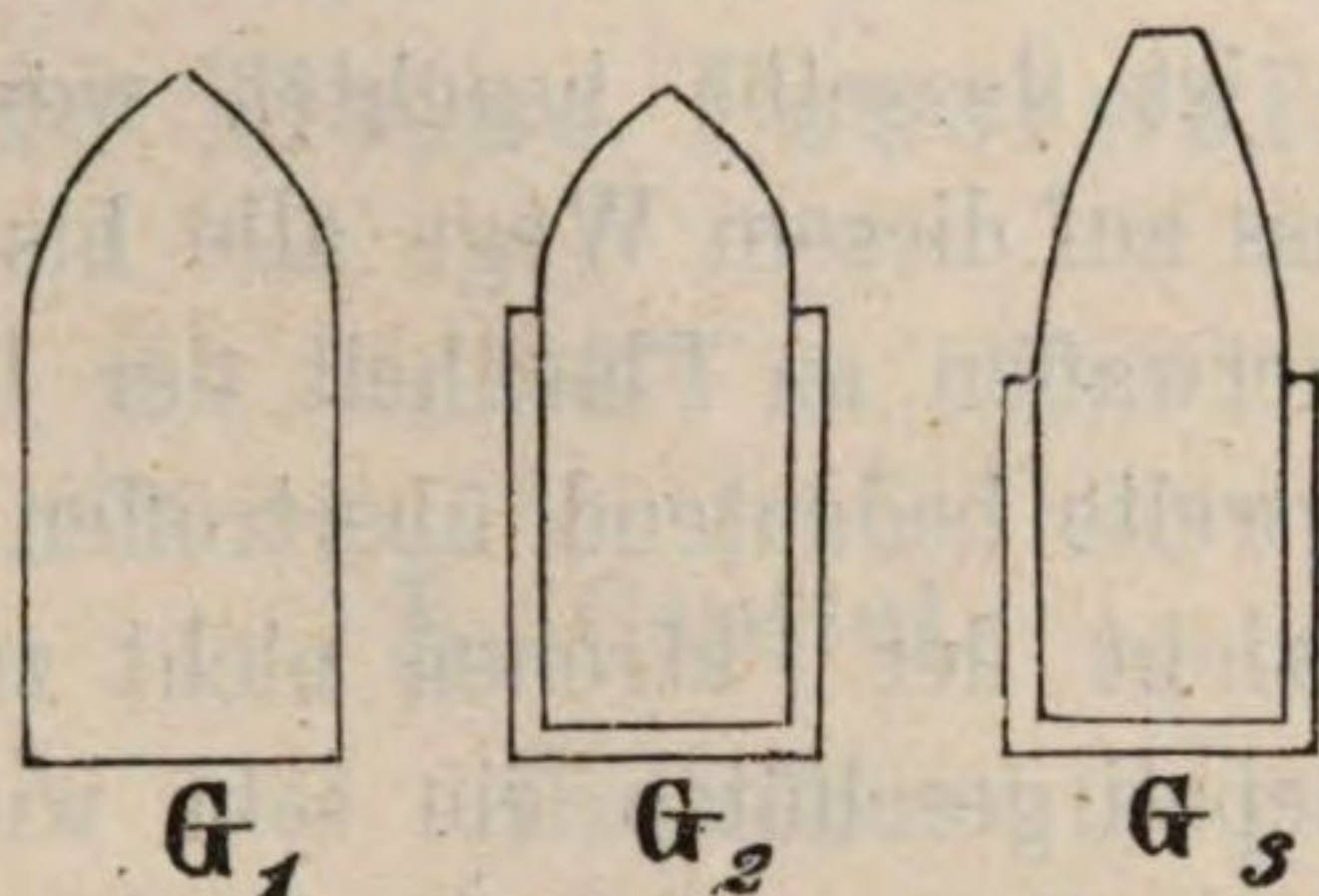
Ein wichtiger Faktor der Treffwahrscheinlichkeit ist die Flachheit der Bahn, worüber später ausführlich gesprochen werden soll. Ihre Ausbildung gründet sich bei der grossen und kleinen Feuerwaffe auf dieselben Gesetze; da jedoch die Entwicklung der ersteren principiell auf der Anwendung anderer Mittel beruht, so beziehen sich die folgenden Bemerkungen in der Hauptsache nur auf die kleine Feuerwaffe.

Das Kalibergesetz zeigt die Ueberlegenheit des kleineren Kalibers, in Bezug auf die Flugbahn, in sehr weiten Gränzen.

Dem Geschoss kann nicht nur eine vortheilhaftere Form gegeben werden, auch das Gewicht desselben lässt grösseren Spielraum zu.

Ein anderes Princip, das noch mehr Erfolg verspricht, verdient Erwähnung, die Führung durch einen Spiegel, der sich vor der Mündung vom Geschoss löst.

Fig. XXIX.



Man vergleiche beispielsweise die Geschosse G_1 und G_2 , beide von 10 mm. Durchmesser. Geschoss G_2 hat ohne Spiegel einen Durchmesser von 8 mm. Nach dem Kaliber-gesetz hätte es, bei gleicher Anfangsgeschwindigkeit, gleiche Bahn. Sein Gewicht verhält sich zu dem von G_1 wie $8^2 : 10^2 = 64 : 100$.

Wiegt demnach G_1 14 Gr., so wiegt G_2 8,2 Gr. Den Spiegel zu 1,8 Gr gerechnet, beträgt das ganze Geschossgewicht von G_2 10 Gr.

Da in diesem Fall Geschossgewicht und Luftwiderstand in gleichem Verhältniss vermindert werden, ändern sich nach dem obigem Gesetz alle Elevations- und Einfallwinkel in dem Verhältniss $14 : 10 = 7 : 5$.

Damit sind die erreichbaren Vorthteile nicht erschöpft, denn das Geschoss mit Spiegelführung kann eine noch günstigere Form erhalten (G_3).

Die Rechnung zeigt, dass der Gewinn mit der Differenz zwischen Geschoss und Bohrungsdurchmesser in sehr raschem

Verhältniss wächst. Aus dem Kalibergesetz und dem Gesetz Seite 100 folgt, dass ähnliche Vorthelle durch ein Laufkaliber von 8 mm. mit dem Geschoss G_2 oder G_3 ohne Spiegel nie erreicht werden können.

Die einzige Waffe, bei der als Nothbehelf das Princip der Spiegelführung bis jetzt Anwendung gefunden hat, ist das Zündnadelgewehr mit dem Langblei; noch bei keiner Neuconstruction ist dasselbe beachtet worden. Trotzdem ist es gewiss, dass auf diesem Wege alle bis jetzt bekannten Systeme der Feuerwaffen an Flachheit der Bahn und damit zugleich an Tragweite bedeutend übertroffen werden können, das geringe Gewicht der Patronen nicht zu vergessen, für Gewehre und Repetirgeschütze ein sehr wichtiger Vortheil.

Alle Geschosse dieser Art fordern einen schärferen Drall. Die Anforderungen an die Construction des Spiegels sind nicht leicht zu erfüllen. Er soll vor dem Schuss gut halten, und doch vor der Mündung sich leicht ablösen. Als Material wird sich Pressspahn am meisten empfehlen. Wichtig ist, dass er nach rückwärts nicht verlängert ist, sonst überschlagen die nachströmenden Gase das Geschoss. Diese Bedingung ist bei dem Langblei des Zündnadelgewehres nicht erfüllt, und mag Ursache sein, dass genanntes Princip nur wenig ausgebeutet werden konnte.

Abschnitt IV.

Die kleine Feuerwaffe.

I. Capitel.

Detail.

A. Allgemeine Anforderungen an ein Rückladungsgewehr.

- 1) Das Gewehr muss gefahrlos für den Schützen, also gegen Selbstentladung möglichst gesichert sein, und darf nicht losgehen können, bevor der Verschluss vollkommen eingestellt ist.
- 2) Der Mechanismus soll vor Staub und Regen geschützt sein. Kein Theil desselben darf durch Gebrauch und Magazinirung leicht verderben. Ein derartiger Nachtheil kann nur durch sehr leichten Ersatz der betreffenden Theile ausgeglichen werden (Spiralfeder bei dem Zündnadelgewehr).
- 3) Das Gewehr soll, ohne gereinigt zu werden, 50 bis 60 Schüsse, sowohl ununterbrochen, als in Zwischenräumen von einigen Tagen erlauben.
- 4) Es soll leicht gereinigt werden können.
- 5) Eine bequeme Form haben. Stark vorspringende Theile sind lästig, und werden leicht Ursache zu Unglücksfällen.

6) Patronen mit Kupferhülsen fordern einen Auswerfer. Je sicherer diese Funktion, auch bei geplatzten Hülsen, verrichtet wird, desto besser.

7) Je leichter der Mechanismus der Waffe geht, je weniger Bewegungen erforderlich, je stetiger sich diese aneinander schliessen, desto besser.

8) Je geringer das Gewicht einer Waffe, desto besser.

Anmerk. Dieser Punkt ist Seite 110 ausführlicher erörtert.

9) Das Gewehr soll in seiner Zusammenstellung nicht zu empfindlich sein.

An diese Bedingung knüpfen sich die grösseren oder geringeren Schwierigkeiten fabrikmässiger Darstellung, zum Theil auch die Prozentzahl der Gewehre, die bei dem Gebrauch den Dienst versagen.

Zur Beurtheilung der Kräfte, welchen der Verschluss Widerstand zu leisten hat, folgendes:

Die Kraft, mit welcher das Gas auf den Verschluss wirkt, ist proportional der Spannung. Dieses Verhältniss gestattet keine Veränderung, im Gegentheil, man muss eher bedacht sein, ein stärkeres Pulver in Anwendung zu bringen.

Genannte Kraft ist proportional der Fläche, auf welche die Gase wirken. Die Sicherheit des Verschlusses ist deshalb bei kleinerem Kaliber leichter zu erreichen.

Bei Patronen mit angespresstem Wulst, der den Zündsatz enthält (Peabody, Remington, Winchester etc.) hat der Verschluss beinahe der doppelten Kraft, welche auf das Geschoss wirkt, Widerstand zu leisten, was durch solide Construction ausgeglichen werden muss.

Wenn das Gas sich zwischen breite Flächen hineinschieben kann, ist eine Waffe gefährlich.

Bei Beurtheilung der Verschlussconstruction ist folgendes zu beachten:

Bei allen Constructionstheilen, welche dem Druck der Pulvergase Widerstand zu leisten haben, ist es vortheilhafter, wenn die Druck- und Zugfestigkeit des Eisens oder Stahles, nicht die relative Festigkeit, in Anspruch genommen wird, weil erstere viel grössere Sicherheit gewährt.

Alle Constructionstheile, welche Federn nothwendig machen, bieten Schwierigkeiten, um so mehr, je grösser die Wegstrecke und die Kraft, mit der sie wirken sollen. Diese liegen in der Unmöglichkeit gleichmässiger Härtung, der Reibung, welche sie erzeugen, der Ungleichmässigkeit ihrer Wirkung.

Hier einige Anhaltspunkte, welche die Beurtheilung erleichtern:

Eine gut construirte Feder soll gespannt an allen Punkten gleich angestrengt sein. Diess vorausgesetzt, gelten folgende Regeln: Die Kraft, mit welcher eine gleich weit abgelenkte Feder wirkt, ist proportional ihrer Breite, proportional den dritten Potenzen ihrer Dicke, verkehrt proportional dem Quadrate ihrer Länge. Die Wegstrecke, auf welche sie wirken kann, ist proportional dem Quadrate ihrer Länge, verkehrt proportional dem Quadrate ihrer Dicke, unabhängig von der Breite.

B. Allgemeine Anforderungen an die Patrone der kleinen Feuerwaffe und ihre Verpackung.

- 1) Die Munition muss in so weit gefahrlos sein, dass Fallenlassen einer Patrone oder eines Packetes, die Erschütterungen in der Patrontasche und die Erwärmung durch die Sonne, keine Explosion veranlassen kann.

- 2) Die Patrone muss fest und haltbar sein, dass sie den Transport in der Patrontasche ohne erhebliche Beschädigung verträgt.
- 3) Je geringer unter sonst gleichen Verhältnissen ihr Gewicht, desto besser.
- 4) Eine Papierpatrone darf keine glimmenden Theile der Hülse zurücklassen. Grössere unverbrannte Stücke in der Kammer beeinträchtigen die Sicherheit des Schusses.
- 5) Die Patrone soll eine Magazinirung von mehreren Jahren ohne erhebliche Veränderung vertragen. In Bezug der Conservirung des Pulvers ist die Kupfer- der Papierhülse weit überlegen. Dagegen ist die Unveränderlichkeit des Satzes in dem angepressten Ring bei den meisten Fabrikaten sehr zweifelhaft. Man hat bei den Kapseln die Erfahrung gemacht, dass es unerlässlich, das Kupferblech, vor dem Einpressen des Satzes, auf das sorgfältigste zu reinigen, und vor allem von Fetttheilen zu befreien, sonst zersetzt sich allmählich die ganze Füllung. Diess ist wohl zu beachten, wenn man nicht theures Lehrgeld zahlen will.

Bei der Patrone von Berdan ist diese Schwierigkeit vermieden. Die Zündung ist central und wird durch eine Kapsel vermittelt, die von aussen eingesetzt und ausgewechselt werden kann.

- 6) Eine Patrone muss in nahezu gleichen Dimensionen zu Millionen fabricirt werden. Die Schwierigkeiten mehren sich mit der Zahl der erforderlichen Manipulationen und können so gross werden, dass die Munition einer Feldausrüstung beinahe halb so viel kostet als die Gewehre.
- 7) Die meisten neueren Gewehre stützen sich auf die Patrone mit Kupferhülse, durch welche die Kammer beinahe vollkommen abgesperrt und rein erhalten wird.

Als weiterer Vortheil derselben wird hervorgehoben, dass sich die Explosion einzelner Patronen nicht auf die nebenliegenden überträgt. Einige Versuche sprechen für diese Behauptung, doch möchte der Berdanpatrone gerade in dieser Beziehung nicht zu trauen sein.

Gegenüber diesen Vorthelen dürfen die Nachtheile nicht übersehen werden. Am meisten in die Waage fällt die Nothwendigkeit eines Auswerfers, von allen Constructionstheilen des Gewehres der misslichste.

Die Herstellung der Hülsen fordert kostspielige Maschinen.

Die Verpackung in der Patrontasche bietet Schwierigkeiten.

- 8) Die Verpackung der Munition in der Patrontasche soll folgenden Anforderungen genügen:

Die Patronen sollen vor Nässe geschützt sein, unversehrt erhalten werden, nicht verloren gehen können, und sich doch mit Leichtigkeit einzeln herausnehmen lassen. Allen Anforderungen zu entsprechen, ist schwer genug, Beweis davon, dass Einrichtungen im Gebrauch, die keine einzige gut erfüllen.

C. Untersuchung einer Waffe in Bezug auf Raschheit des Feuerns.

Bei dem Gebrauche der kleinen Feuerwaffe erfordert nur das Zielen geistige Thätigkeit. Man kann rechnen, dass dazu $1\frac{1}{2}$ Secunden Zeit nöthig, wenn aufgelegt, 2 Secunden, wenn aus freier Hand gefeuert wird, so dass als nächstliegende Gränze für die Raschheit des Feuerns 45 Schüsse im ersten, 30 im zweiten bezeichnet werden können.

Alle Verbesserungen der kleinen Feuerwaffe erstreben Abkürzung und Vereinfachung der mechanischen Vorrichtungen bei ihrem Gebrauche.

Ihre Beurtheilung erfordert jede einzelne Bewegung für sich zu betrachten; hiezu folgendes Schema mit Beispiel.

Zeiterforderniss in Secunden für die einzelnen Bewegungen.

	Zielen	Absetzen	Anziehen des Schlöss- chens	Oeffnen	Ergreifen und Ansetzen der Patronen	Aufsetzen der Kapsel	Schliessen	Spannen	Ansetzen	Summa in Secunden	Gestattet Schüsse in der Minute	
Zündnadel- Gewehr	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	1	3	—	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	9	$6\frac{2}{3}$	
Chasepot- Gewehr	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	3	—	$\frac{3}{4}$	—	$\frac{1}{2}$	8	$7\frac{1}{2}$	
Winchester- Repetirbüchse	2	Oeffnen und Schliessen des Hebels 2 Secunden									4	15

Die Totalleistung einer Waffe in Bezug auf Raschheit des Feuerns zu beurtheilen, sind bei jeder gewisse Procente Versager, die mit jeder neuen Lage sich vermehren, in Rechnung zu bringen.

Obiges Schema zeigt, dass selbst die beste einschüssige Waffe gegen ein gutes Repetirgewehr zurückstehen muss, weil Ergreifen und Ansetzen der Patrone so viel Zeit erfordert, als alle andern Bewegungen, mit Ausnahme des Zielens, zusammengenommen. Diess rasche Feuer dauert allerdings nur eine Minute. Wenn die Mannschaft diesen Vorthail in entscheidenden Momenten zur Geltung bringt, ist die Ueberlegenheit sehr bedeutend.

Noch eine Bemerkung in Bezug auf die Steigerung, welche die Feuerschnelligkeit erlaubt. Man möchte im ersten Augenblicke eine Construction für unmöglich halten, welche alle mechanischen Funktionen des Ladens übernimmt, dem Schützen nur das Zielen bleibt. Trotzdem ist die Lösung dieser Aufgabe durchaus nicht so schwierig, und darf dieselbe mit einiger Wahrscheinlichkeit in den nächsten zehn Jahren erwartet werden.

Zusammenhang des Gewichtes der Waffe mit
der Zahl gezielter Schüsse, welche der Mann
nach einander abgeben kann.

Bekanntlich wird die gegenseitige Abhängigkeit zweier Grössen immer durch eine Curve in der Ebene dargestellt. Ist ihr Zusammenhang schwer zu übersehen, so bleibt nur übrig, mit Hülfe von Erfahrungsergebnissen einzelne Punkte der Curve festzustellen, oder aus der Natur des Zusammenhangs auf die Form derselben zu schliessen, und die einfachste diesen Bedingungen entsprechende Gleichung anzunehmen.

Bedeute G das Gewicht der Waffe in Kilogr., z die Zahl gezielter Schüsse, welche ein Mann von mittlerer Körperkraft mit dieser Waffe nach einander abgeben kann. Folgende Daten sind bekannt:

$$G = 5, \quad z = 9 \text{ (Versuchseresultat)}$$

$$G = 12\frac{6}{8}, \quad z = 0.$$

Das heisst, mit einem Gewehr von $12\frac{6}{8}$ K. Gewicht kann nicht mehr aus freier Hand angeschlagen werden.

Ueber die Form der Curve gibt folgende Betrachtung Aufschluss: G fortwährend vermindert, wird z immer grösser, bis bei $G = 0$ die Gränze erreicht scheint. Das Gewicht, welches dann noch zu heben, ist das Gewicht des zum Anschlag erhobenen Armes, an der Hand gemessen und beträgt circa 1 Kilogr. Man kann die Verminderung der zu hebenden Last noch weiter verfolgen, auf den Arm selbst ausdehnen, und wenn dessen Gewicht $= 0$, wird er durch die disponible Arbeit der Kraft unendlich oft gehoben werden können; also $G = -1, z = \infty$. Aus dieser Bemerkung folgt, dass die gesuchte Curve in $G = -1$ eine Asymptote haben muss. Die einfachste Gleichung, welche obigen Bedingungen entspricht, ist die einer Hyperbel, und lautet:

$$(G + 1)(z + 8) = 102.$$

Resultate:

$$G = 5, \quad z = 9$$

$$G = 4, \quad z = 12$$

$$G = 3, \quad z = 17$$

$$G = 2, \quad z = 26.$$

Folgende Gleichung dürfte noch genauer sein:

$$(G + 1) \sqrt{z + 2,43} = 20,28$$

Resultate:

$$G = 5, \quad z = 9$$

$$G = 4, \quad z = 14$$

$$G = 3, \quad z = 23$$

$$G = 2, \quad z = 47.$$

Verschiedene Systeme der kleinen Feuerwaffe.

- 1) Verschluss durch einen Cylinder, der in der Axenrichtung vorgeschoben, und mittelst Drehung durch einen Schraubengang oder auf andere Weise festgehalten wird.

Das Zündnadelgewehr (norddeutscher Bund), die Waffen von Chassepot (Frankreich), Berdan (russisches Järgergewehr), Lindner, Winchester (Repetirgewehr), das abgeänderte Podewilsgewehr.

- 2) Verschluss durch ein Geleitstück, das sich um einen Bolzen dreht, dessen Axe senkrecht zur Rohraxen und gerade über der Kammer liegt.

Amsler (abgeänderter Schweizer Stutzen), Berdan (abgeänderte niederländische Büchse), Wänzl (abgeänderte österreichische Büchse).

- 3) Verschluss durch ein Geleitstück, das sich um eine Axe dreht, deren Axe senkrecht zur Rohraxen, und gerade hinter der Kammer liegt.

Die Büchsen von Pfyffer, Martiny, Kokeran, Peabody (Schweiz), Werder (Baiern).

- 4) Verschluss durch eine gestützte Klappe, deren Axe unter der Kammer liegt.

Die Büchsen von Remington, Starr etc.

- 5) Verschluss durch ein Geleitstück, das um einen Bolzen sich dreht, der parallel zur Rohraxen liegt.

Die Waffen von Snider (abgeändertes englisches Modell), Joslyn etc.

6) Verschluss durch ein Geleitstück ohne Bolzen.

Die Waffen von Spencer (Repetirgewehr), Nichols etc.

II. Capitel.

Treffwahrscheinlichkeit der kleinen Feuerwaffe,
Verluste des Gegners im Feuergefecht.

Die folgende Einleitung enthält die praktische Bestimmung der Streuungskreise, der Elevationswinkel und die allgemeinen Grundsätze der Treffwahrscheinlichkeit, Nr. 1, 2 und 3 die Bestimmung der Treffwahrscheinlichkeit in den drei Fällen: gezielter Schuss, die Distanz bekannt, — gezielter Schuss, die Distanz unbekannt — und nicht gezielter, nur angeschlagener Schuss; in allen drei Fällen wird die Abhängigkeit der Treffwahrscheinlichkeit von der Zieldistanz, dem Streuungskreis und den Einfallswinkeln festgestellt, die wahrscheinlichen Verluste des Gegners bestimmt.

Einleitung.

A. Bestimmung des Streuungsmittelpunktes, des Streuungsrechtecks und der Elevationswinkel.

Es ist schon erwähnt worden, dass die Richtung der Axe des Projectils durch die Rotation festgehalten und dadurch vor allem ein Ueberschlagen durch nachströmendes Pulvergas verhindert werden soll. Nicht genug, die Stetigkeit der Axenrichtung muss stark genug sein, auch den Einfluss des Luftwiderstandes auszuhalten, der um so mehr geneigt

ist, das Geschoss zu überschlagen, je grösser die Richtungs-
differenz zwischen Geschossaxe und Bahnlinie am Ende der
letzteren. Jede Combination einer gezogenen Feuerwaffe
muss diese Bedingung erfüllen.

Diess vorausgesetzt, sind doch die Bahnen der Geschosse
aus folgenden Gründen mehr oder weniger verschieden:

Die Anfangsgeschwindigkeiten sind ungleich in Folge
von Differenzen in der Quantität, der Güte und dem Feuchtig-
keitsgehalte des Pulvers, dem Gewicht der Projectile und
dem Reibungswiderstand im Rohre. Wenn das Geschoss
die Seele verlässt, machen sich unregelmässige Einflüsse des
nachströmenden Pulvergases geltend, welche die Richtung
der Axe alteriren; wenn die Masse des Projectils unsymmetrisch
vertheilt ist, fallen Geschossaxe und Rotationsaxe nicht
zusammen und letztere beschreibt im Fluge kleine Kreise,
ähnlich einem Kreisel, dessen Bewegung zu Ende geht.
Dazu kommen Differenzen in der Oberflächenbeschaffenheit
der Projectile, der Dichtigkeit der Luft, der Stärke und
Richtung des Windes etc.

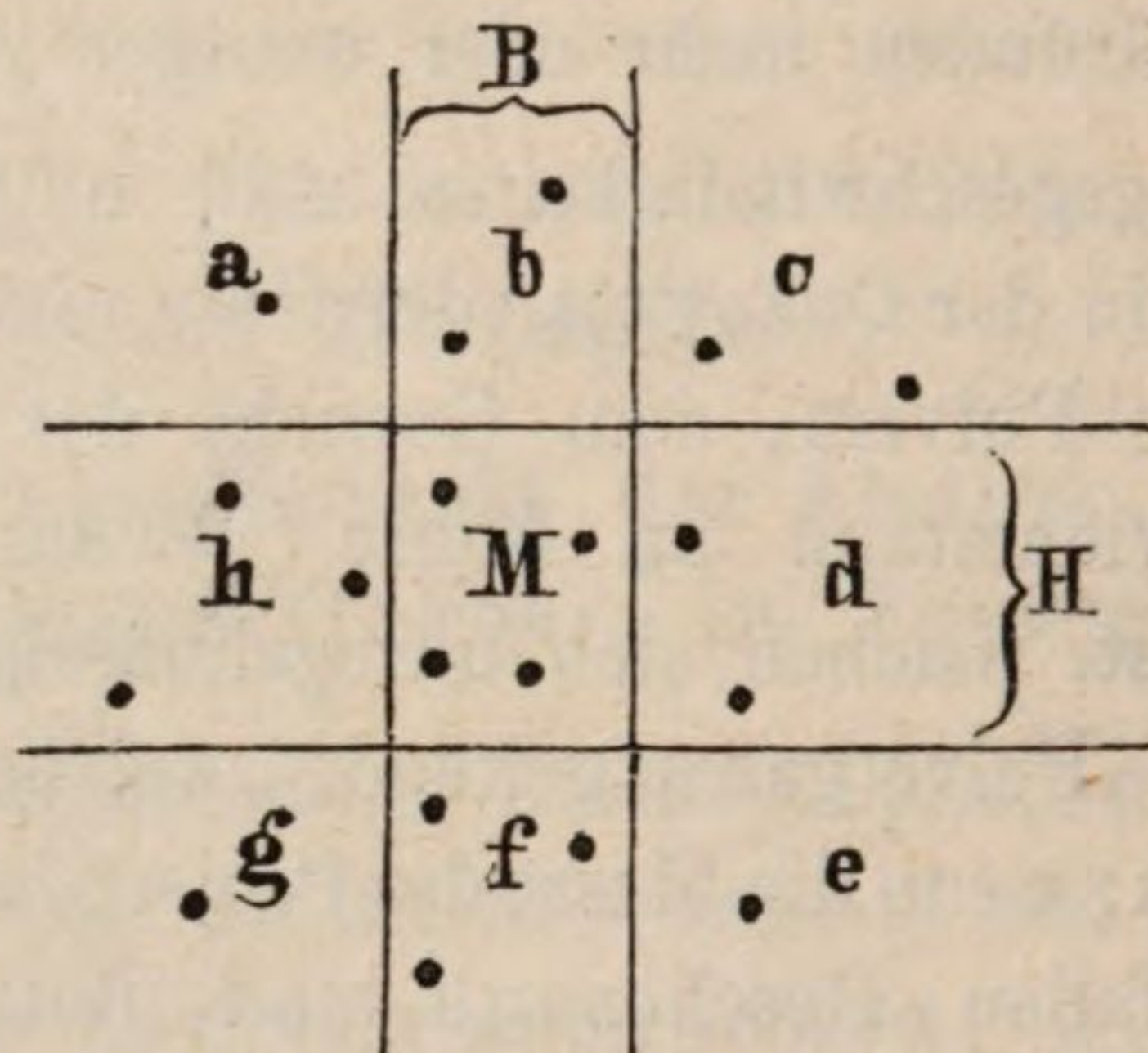
Bei Untersuchungen über die Streuung der Geschosse
verfährt man in folgender Weise: Es wird eine grössere
Schusszahl mit möglichster Genauigkeit, das Gewehr mit
einem Sandsack unterstützt, mit unveränderter Richtung
nach demselben Zielpunkt auf einer Bretterwand gefeuert,
die gross genug sein muss, wenigstens $\frac{4}{5}$ der Schüsse
aufzunehmen. Auf diese Weise erhält man ein sogenanntes
Scheibenbild.

In der Absicht, einen Maasstab für die Streuung der
Geschosse zu finden, kann man verschiedene Wege ein-
schlagen. Am genauesten ist, Horizontal- und Vertikal-
abweichung zu trennen. Man sucht in dieser Absicht zwei
möglichst nahe Vertikallinien, zwischen welchen die Hälfte

der Schüsse liegt, ebenso zwei Horizontallinien. Der Abstand der erstgenannten Linien ist die kleinste Zielbreite, der zweitgenannten die kleinste Zielhöhe für 50% Treffer.

Das entstehende Rechteck bezeichnen wir mit Streuungsrechteck, seinen Mittelpunkt mit Streuungsmittelpunkt.

Fig. XXX.



Bezeichne M , a , b , c , d , e , f , g , die Zahl der Einschlüsse in den einzelnen Feldern, z die Zahl aller Einschlüsse, so gelten, der obigen Bedingung entsprechend, folgende Gleichungen:

$$M + b + f = M + h + d = \frac{1}{2} z$$

$$h + d = b + f$$

I) $M = \frac{1}{2} z - b - f = \frac{1}{2} z - h - d$

$$M = z - (a + b + c + d + e + g + h + f)$$

in dieser Gleichung $z = 2M + 2b + 2f$ eingesetzt:

II) $M = a + c + e + g$

In jedem einigermaßen regelmässigen Scheibenbilde wird der Trefferstreifen $hMd = \frac{1}{2} z$ durch die beiden Vertikallinien so geteilt, dass $M = d + h = \frac{1}{4} z$. Dann muss nach Gleichung II auch $a + c + e + g = \frac{1}{4} z = b + f$ sein. Man hat also folgende Eintheilung:

$$M = \frac{1}{4} z, \quad b + f = \frac{1}{4} z, \quad h + d = \frac{1}{4} z$$

$$a + c + e + g = \frac{1}{4} z$$

Sei ferner $Am = 0,9$ m. Der Elevationswinkel war demnach um einen Winkel zu gross, dessen Tangente

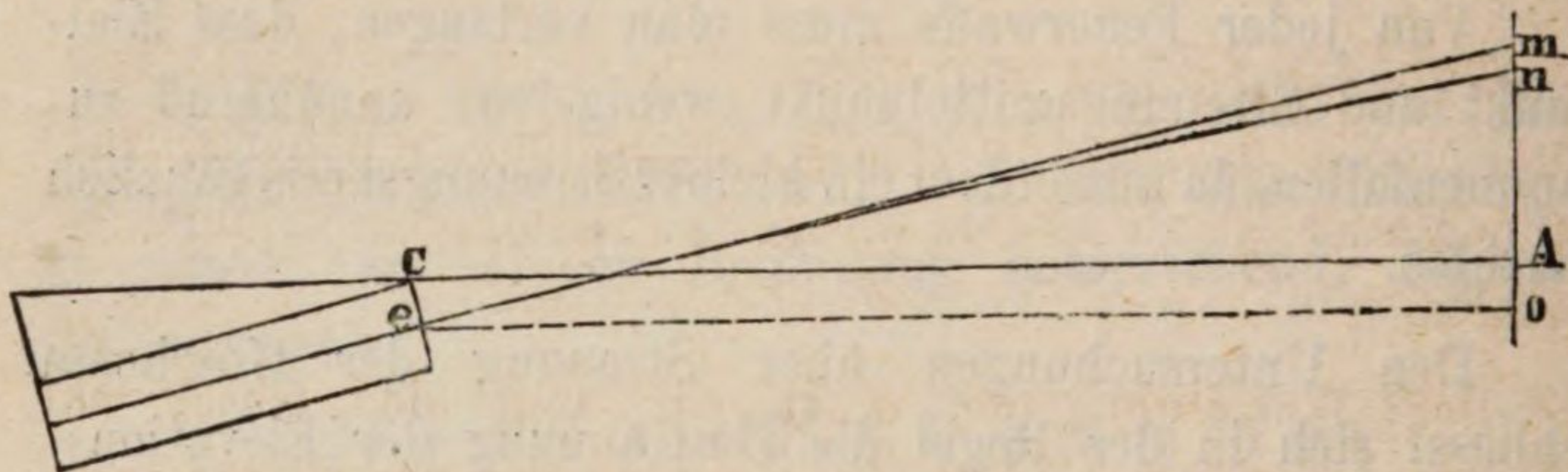
$$= \frac{0,9 \text{ m.}}{600 \text{ Schr.}} = \frac{0,9}{450} = \text{Tg } \varphi$$

$$\varphi = 0,11^{\circ}.$$

Beträgt μ z. B. $1,43^{\circ}$, so wäre der richtige Elevationswinkel $= \mu - \varphi = 1,32^{\circ} = \alpha$.

Zweite Methode: Man schiesst mit dem verwendeten Aufsatz auf eine nahe Distanz, z. B. 20 m. $= cA$ misst

Fig. XXXIII.

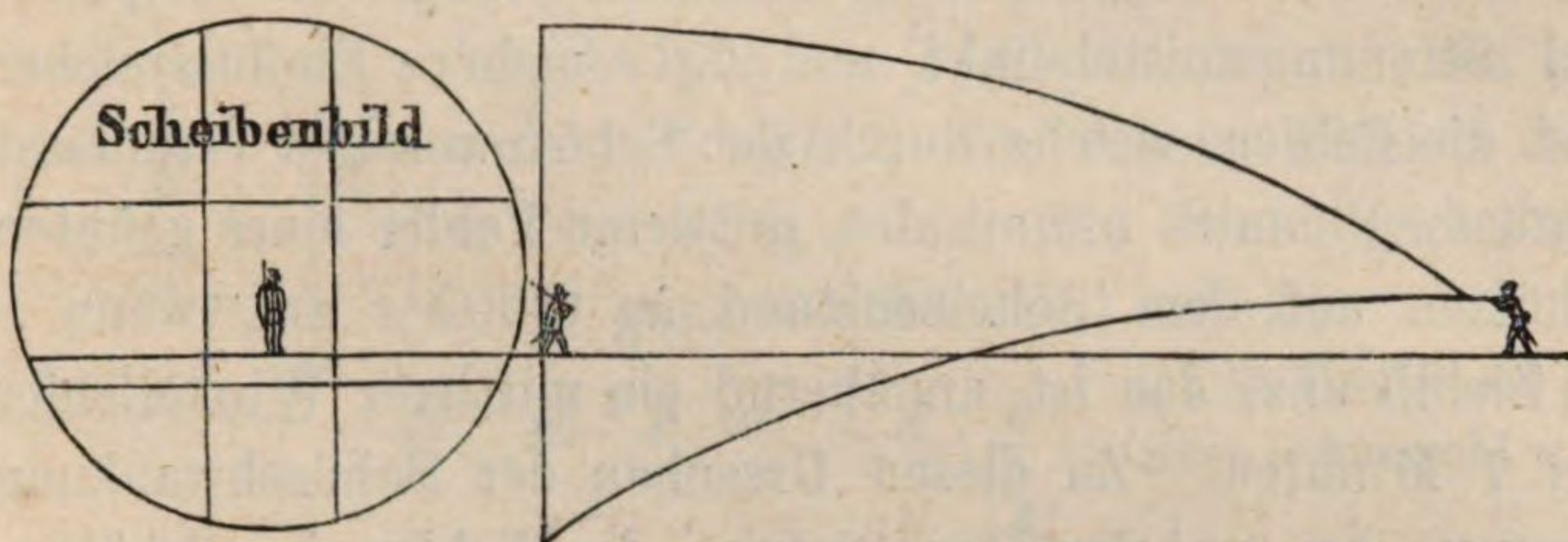


den Abstand von Zielpunkt und Treffpunkt nA . Die Fallhöhe, welche der Entfernung cA entspricht (nm), $+ nA + Ao = mo$ dividirt durch eo , ist die Tangente des angewendeten Elevationswinkels.

Nach der ersten Methode erhält man nur die richtigen Elevationswinkel der Waffe vor dem Schuss. Die Elevationswinkel des Projectils sind, wie schon früher erwähnt, mit diesen nicht identisch; man kann nur annehmen, dass der Fehler constant ist, weil er durch die Bewegung der Waffe während des Schusses, vielleicht auch durch optische Einflüsse beim Visiren, veranlasst wird.

B) Methode, die Treffwahrscheinlichkeit zu bestimmen.
Einwirkende Faktoren im Gefecht.

Fig. XXXIV.



Die Wahrscheinlichkeit des Treffens wird durch einen Bruch dargestellt, dessen Zähler die Zahl der Treffer, dessen Nenner die nöthige Schusszahl, so viel Treffer zu erhalten.

$$\mathfrak{W} = \frac{\mathfrak{Z}}{Z}$$

$\mathfrak{W}$ die Treffwahrscheinlichkeit.
 $\mathfrak{Z}$ die Trefferzahl.
 Z die Schusszahl.

Das Verfahren, diesen Bruch zu finden, beruht auf folgendem Princip: Am Ziel wird eine senkrechte hohe Scheibe gedacht, deren Fläche gleich viel über und unter dem Horizont liegt. Sämmtliche Schüsse gegen das Ziel werden auf dieser Scheibe ein Scheibenbild erzeugen. Das Verhältniss der Fläche, welche das Ziel darbietet zur Fläche des Streuungsrechtecks, gestattet auf das Verhältniss $\frac{\mathfrak{Z}}{Z}$, das ist auf die Treffwahrscheinlichkeit zu schliessen.

Die Geller sind dabei nicht in Rechnung gezogen, was sich dadurch rechtfertigt, dass sie im Ackerland, dem normalen Gefechtsterrain Ausnahme, nicht Regel sind. Wenn sie auch stattfinden, werden doch die Schlussresultate unsrer Untersuchung dadurch nicht alterirt.

Im Gefecht kommt eine ganz andere Streuung der Geschosse zur Geltung, als auf dem Scheibenstande. Erste Ursachen sind: Verschiedenheiten in der Munition, Wind und Wetter, mangelhafte Uebereinstimmung von Zielpunkt und Streuungsmittelpunkt und dgl. mehr. Einflussreicher sind die Fehler, welche durch den Schützen selbst veranlasst werden. Plönnies nimmt den mittleren Fehler eines geübten Schützen auf dem Scheibenstand zu $0,002 x$ an, wenn x die Zieldistanz, das ist annähernd ein mittlerer Winkelfehler von 7 Minuten. Zu diesen Ursachen der Bahnschwankung kommen bei unbekannter Distanz die Fehler im Schätzen der Entfernung und die Schwierigkeit der Correctur, wodurch die Vertikalstreuung bedeutend vermehrt wird.

Weit grösseren Einfluss, als die genannten Faktoren, übt im Gefecht das moralische Element. Bei Beginn desselben sind die meisten so aufgereggt, dass sie gar nicht zielen, dann wird es in der Regel etwas besser, wechselt aber bei herannahender Krisis wieder in das Gegentheil; die meisten schlagen dann gar nicht mehr an.

Nach diesen Bemerkungen sind die Gesetze der Treffwahrscheinlichkeit in folgenden Fällen zu untersuchen:

- 1) Der Schütze zielt, die Distanz ist bekannt.
- 2) Der Schütze zielt, die Distanz ist unbekannt.
- 3) Der Schütze zielt nicht mehr, schlägt aber noch an.
- 4) Der Schütze schlägt nicht mehr an.

1) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze zielt und die Distanz bekannt ist.

a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen:

Sei $H \cdot B$ analog Seite 118 das Streuungsrechteck, alle Fehler, auch die des Schützen, mitgerechnet. Innerhalb

desselben kann eine ziemlich gleichmässige Vertheilung der
Fig. XXXV. Einschläge angenommen werden. Wenn F



die Fläche, welche ein vergleichsweise kleines Ziel (einzelner Schütze, Reiter etc.) darbietet, so ergibt sich die Treffwahrscheinlichkeit ($\mathfrak{W}$) aus dem Vergleich der beiden Flächen und der Bemerkung, dass das Streuungsrechteck $\frac{1}{4}$ der ganzen Schusszahl enthält.

$$B \cdot H : F = \frac{1}{4} Z : \mathfrak{Z} \quad \mathfrak{Z} \text{ die Trefferzahl bei einer Schusszahl} = Z$$

$$\frac{\mathfrak{Z}}{Z} = \mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B \cdot H}$$

Beispiele.

- 1) Ein Schütze schiesst auf ein 400 Schr. = 300 m. entferntes Ziel. Alle Fehler, auch die des Schützen mitgerechnet, sei $H = 3$ m., $B = 2,8$ m.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, einen einzeln stehenden Mann zu treffen, dessen Zielfläche $0,5 \square$ m.?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B \cdot H} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,5}{2,8 \cdot 3} = \frac{1}{67,2}$$

- 2) Der Gegner liegt auf der Erde, wodurch sich seine Zielfläche auf $0,12 \square$ m. reducirt.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,12}{2,8 \cdot 3} = \frac{1}{280}$$

- 3) Der Gegner steht hinter einem Erdwall, so dass nur Kopf und Schultern circa $0,1$ m. Zielfläche ungedeckt.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,1}{2,8 \cdot 3} = \frac{1}{336}$$

- 4) Der Gegner steht hinter einer Terrainwelle, deren Böschung kleiner, als der Einfallwinkel der Geschosse. Nur die Kopfbedeckung ist sichtbar.

In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit, denselben zu treffen, ebenso gross, als wenn er ganz frei steht.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{67,2}, \text{ wie sub 1.}$$

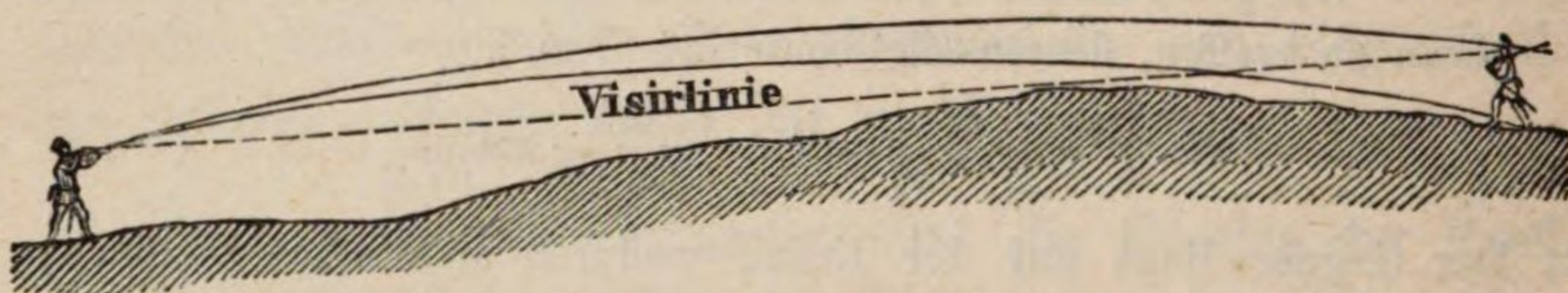
G e s e t z e:

Bei allen im Vergleich zum Streuungsrechteck kleinen Zielen gelten folgende Regeln:

- 1) *Die Treffwahrscheinlichkeit ist proportional der Trefffläche.*

Diese Regel findet bei Beurtheilung der Treffwahrscheinlichkeit von mehr oder weniger gedeckten Zielen Anwendung. *Doch ist gedeckt und versteckt wohl zu unterscheiden.* Eine Terrainwelle kann den Gegner beinahe vollständig verstecken, wenn aber ihr Böschungswinkel flacher, als der Einfallwinkel der Geschosse, und das Ziel auf's Korn genommen werden kann, ist die Treffwahrscheinlichkeit nicht geringer, als wenn derselbe frei steht.

Fig. XXXVI.



- 2) *Die Treffwahrscheinlichkeit steht in verkehrtem Verhältniss zum Streuungsviereck.*
- 3) *Bei gleich gutem Zielen nimmt die Treffwahrscheinlichkeit in rascherem Verhältniss ab, wie verkehrt die Quadrate der Zieldistanzen.*

Der Grund liegt darin, dass sowohl Höhen- als Breitenstreuung in rascherem Verhältniss, als die Distanzen, zunehmen, also die Streuungsrechtecke auf die verschiedenen Entfernungen in der obengenannten Proportion grösser werden.

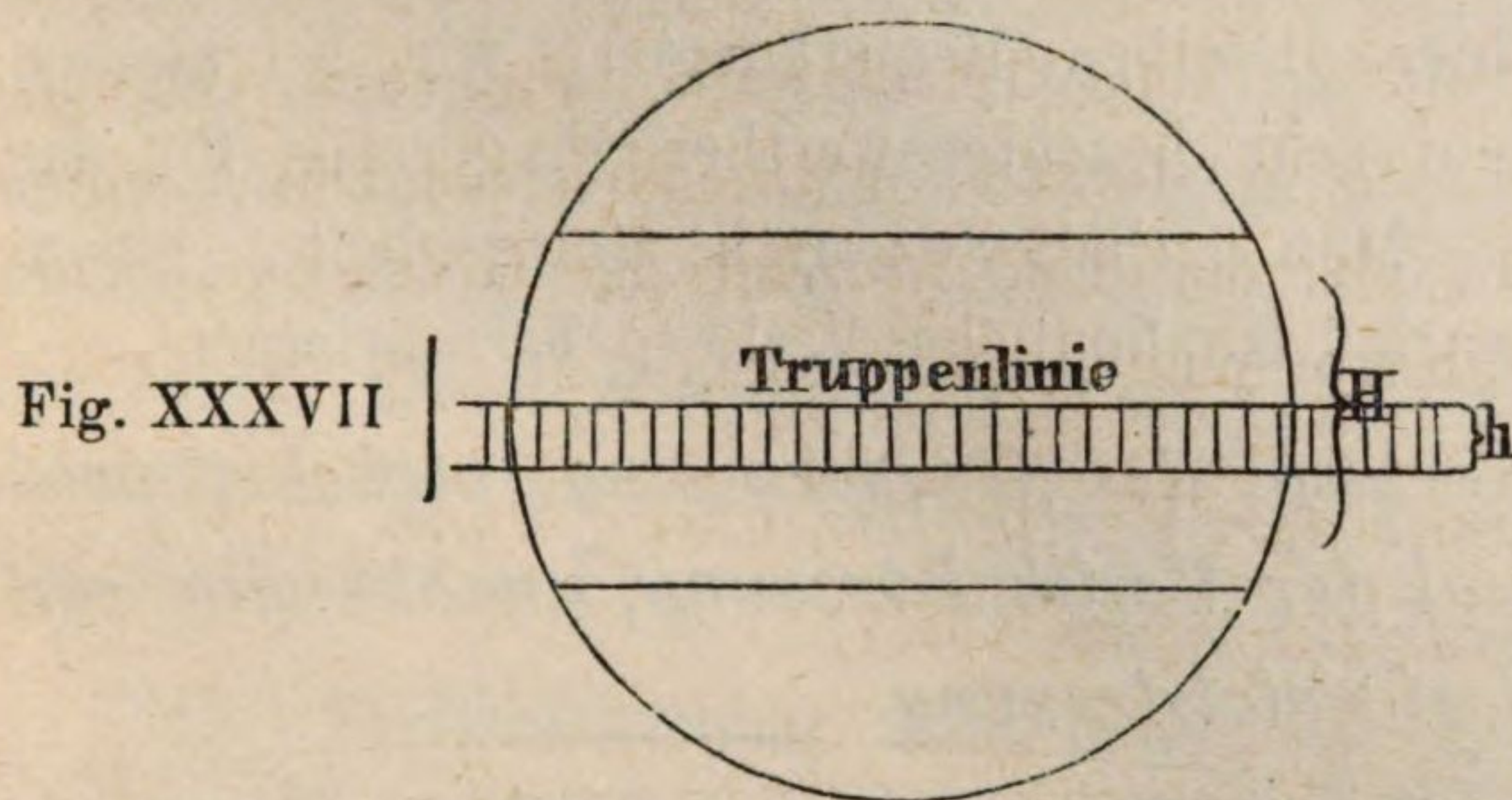
- b) Wahrscheinlichkeit, eine zweigliedrige Truppenlinie zu treffen:

Eine Truppenlinie bildet einen Streifen von bestimmter Höhe (h). Diesen in das Scheibenbild eingetragen, zeigt die Richtigkeit folgender Proportion:

$$H : h = \frac{1}{2} Z : 3.$$

Daraus folgt:

$$\frac{3}{Z} = \mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H},$$



eine Formel, die selbstverständlich voraussetzt, dass h kleiner als H .

Beispiele.

- 1) Eine 2 gliedrige Infanterielinie steht auf 400 Schr. = 300 m. gegenüber. Ihre Höhe beträgt 1,7 m. = h . Wenn $H = 3$ m., wie gross ist die Treffwahrscheinlichkeit?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H} = \frac{1}{2} \frac{1,7}{3} = \frac{1}{3,5}$$

- 2) Die Truppenlinie liegt auf der Erde, wodurch sich ihre Trefffläche auf den 4. Theil reducirt.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{14}$$

- 3) Die Truppenlinie ist durch einen Damm gedeckt, so dass nur $\frac{1}{6}$ ihrer Fläche getroffen werden kann.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{20}$$

G e s e t z e:

Bei Truppenlinien aller Art steht die Treffwahrscheinlichkeit in folgendem Verhältniss:

- 1) *Sie ist proportional ihrer ungedeckten Höhe. Eine liegende Infanterielinie erleidet desshalb nur den vierten Theil der Verluste, wie eine stehende.*

Gedeckt und versteckt sind wohl zu unterscheiden, und gelten hier dieselben Bemerkungen, wie bei kleinen Zielflächen, ein sehr beachtenswerther Fingerzeig für das Feuergefecht. Man erhält dadurch Gelegenheit, einem Gegner unerwartet empfindliche Verluste beizubringen.

- 2) *Die Verluste des Gegners sind verkehrt proportional der Vertikalstreuung, unabhängig von der Horizontalstreuung.*
- 3) *Die Verluste des Gegners sind, bei gleich gutem Zielen, verkehrt proportional der Distanz, weil die Vertikalstreuung annähernd dieser Grösse proportional.*

2) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze zielt, die Distanz unbekannt ist.

a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen.

Fig. XXXVIII.



X die Zieldistanz,
 α_1 der Elevationswinkel für eine 40% kleinere,
 α_2 der Elevationswinkel für eine 40% grössere
Distanz,
 H behält die frühere Bedeutung.

Wir suchen vor allem den Flächeninhalt des neuen Streuungsvierecks.

Die Fehler im Schätzen der Entfernungen wachsen in rascherem Verhältniss, wie diese. Zwischen 400 und 2000 Schr. können die Maximalfehler zu 40 % der Distanz angenommen werden, so dass man z. B. auf einen 500 Schr. entfernten Gegner mit einem Aufsatz schiesst, der einer Distanz zwischen 300 und 700 Schr. entspricht. Die Differenz der beiden Elevationswinkel ($\alpha_2 - \alpha_1$) bezeichnet demnach den Streuungswinkel und $X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$ die Höhe des Scheibenbildes in Folge dieses Fehlers.

Die Vertikalstreuung sämtlicher Geschosse bei bekannter Distanz beträgt in der Regel circa $5 H$ (Fig. XXX). Demnach würden zwei Horizontallinien, deren Abstand $5 H + X \operatorname{Tg}(\alpha_2 + \alpha_1)$ in dem vorliegenden Fall sämtliche Einschläge umfassen.

Die Hälfte der Schüsse wird annähernd in einem Streifen liegen dessen kleinste Höhe $H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$. Diess die Höhe des fraglichen Streuungsvierecks $= ab$.

Seine Breite wird durch die Fehler im Schätzen der Entfernung nicht verändert, ist also $= B$.

Inhalt des Streuungsvierecks, $\frac{1}{4}$ der Einschläge umfassend:

$$= B [H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 + \alpha_1)]$$

Die Wahrscheinlichkeit, eine im Vergleich zum Streuungsviereck kleine Zielfläche (F) zu treffen, wird durch folgendes Verhältniss dargestellt:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B[H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)]}$$

Wenn die Distanz bekannt, wird $\alpha_2 = \alpha_1$, und die Formel geht über in $\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{H \cdot B}$. (Seite 123.)

Wenn ein Distanzenmesser zur Verfügung steht, der die Entfernungen beispielsweise mit einem Maximalfehler von 10 % bestimmt, findet ebenfalls die obige Formel Anwendung; dann bedeutet α_2 den Elevationswinkel für eine 10 % grössere, α_1 den Elevationswinkel für eine 10 % kleinere Distanz.

Beispiele.

Ein Schütze schiesst auf einen 400 Schr. = 300 m. entfernten Gegner. Die Fehlergränzen im Distanzenschätzen sind in diesem Fall 240 und 560 Schr.

α_2 der Elevationswinkel auf 560 Schr. = $0^\circ 55'$

α_1 „ „ „ 240 „ = $0^\circ 17'$

$$\alpha_2 - \alpha_1 = 38'$$

H sei analog Seite 123 = 3 m., $B = 2,8$ m.

- 1) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, einen einzelnen Mann zu treffen, dessen Trefffläche = 0,5 m.?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B \cdot H[+ \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)]}$$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{0,5}{2,8[3 + \frac{1}{2} \cdot 300 \operatorname{Tg} 38']} = \text{circa } \frac{1}{103}$$

- 2) Der Gegner liegt auf der Erde, wodurch sich seine Zielfläche auf 0,12 □m. reducirt?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{412}$$

- 3) Der Gegner steht hinter einem Erdwall, so dass nur Kopf und Schultern circa 0,1 □m. Zielfläche ungedeckt?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{515}$$

- 4) Der Gegner steht hinter einer Terrainwelle, deren Böschung kleiner, als der Einfallwinkel der Geschosse; nur die Kopfbedeckung ist sichtbar.

Die Treffwahrscheinlichkeit ist ebenso gross, als wenn er frei steht.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{103}$$

G e s e t z e:

Die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel auf unbekannte Distanz zu treffen, steht in folgendem Verhältniss:

- 1) *Sie ist proportional der Fläche, welche das Ziel darbietet.*
- 2) *Sie ist verkehrt proportional der Horizontalstreuung (B).*
- 3) *Sie nimmt in rascherem Verhältniss ab, als verkehrt die Quadrate der Distanzen, weil $B[H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)]$ in genannter Proportion steht.*
- 4) *Wenn mit verschiedenen Waffen auf dieselbe Distanz geschossen wird, der Einfallwinkel ihrer Geschosse (Extreme ausgeschlossen) verschieden ist, wird die Treffwahrscheinlichkeit auf nahe Distanzen (bis 500 Schr.) dadurch nur wenig alterirt. Auf grosse Distanzen wird die Treffwahrscheinlichkeit annähernd verkehrt proportional dem Einfallwinkel.*

Dieser Satz folgt aus obiger Formel; $\frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$ ist proportional dem Einfallwinkel und auf nahe Distanzen kleiner, auf grosse in der Regel grösser als H .

H ist annähernd proportional der Distanz, $\frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$
annähernd proportional dem Quadrat der Distanz.

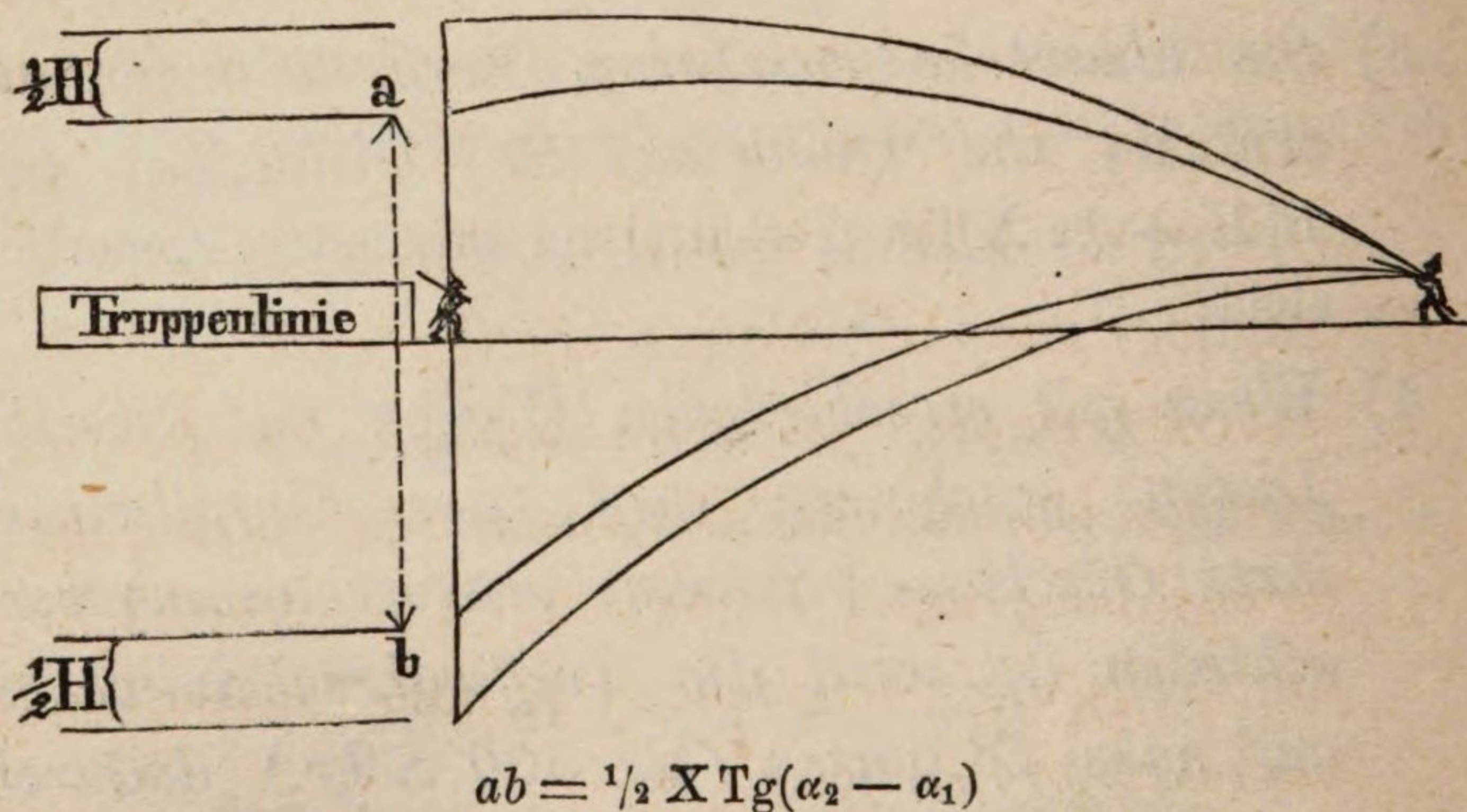
b) Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie auf unbekannte Distanz zu treffen.

Die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie auf unbekannte Distanz zu treffen, wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\begin{array}{l} h \text{ ungedeckte Höhe der} \\ \text{Truppenlinie,} \\ X \text{ Entfernung derselben.} \end{array} \quad \mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

eine Formel, die sich unmittelbar aus der Figur und den Bemerkungen Seite 127 ergibt.

Fig. XXXIX.



Beispiel.

- 1) Eine 2 gliedrige Infanterielinie steht auf 400 Schr. = 300 m. gegenüber. Ihre Höhe beträgt 1,7 m. = h . H sei, wie in den vorigen Beispielen, = 3 m., ebenso $\alpha_2 - \alpha_1 = 38'$.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7}{3 + \frac{1}{2} 300 \operatorname{Tg} 38'} = \frac{1}{5,5}$$

- 2) Die Truppenlinie liegt auf der Erde, wodurch sich ihre Höhe auf den 4. Theil reducirt.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{22}$$

- 3) Die Truppenlinie ist durch einen Damm gedeckt, so dass nur $\frac{1}{8}$ ihrer Fläche getroffen werden kann.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{33}$$

G e s e t z e.

Die Verluste einer auf unbekannte Distanz stehenden Truppenlinie sind:

- 1) *unabhängig von der Breitenstreuung,*
- 2) *proportional der ungedeckten Höhe des Gegners,*
- 3) *auf nahe Distanzen verkehrt proportional, auf grosse beinahe verkehrt proportional dem Quadrate der Entfernung (weil $H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$ in dem genannten Verhältniss steht).*
- 4) *Analog wie bei kleinen Zielen und aus denselben Gründen ist der Einfluss des Einfallwinkels bei kleinen Distanzen (bis 400 Schr.) gering, bei grossen Distanzen (800—1000 Schr.) die Treffwahrscheinlichkeit beinahe dieser Grösse verkehrt proportional.*

- 3) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze nicht mehr zielt, aber noch anschlägt.

Man wird in diesem Fall annehmen können, dass die Schüsse zwischen 10^0 Elevation und 5^0 Depression abgegeben werden. Die Höhe des Scheibenbildes beträgt in

diesem Fall $X \operatorname{Tg} 10^0$ und die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen, deren ungedeckte Höhe $= h$, ist gleich

$$\mathfrak{W} = \frac{h}{X \operatorname{Tg} 10^0} \quad X \text{ die Zieldistanz.}$$

Beispiel.

- 1) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, eine 400 Schr. $= 300$ m. entfernte Infanterielinie zu treffen, wenn nur angeschlagen, nicht gezielt wird?

$$\mathfrak{W} = \frac{h}{X \operatorname{Tg} 10^0}$$

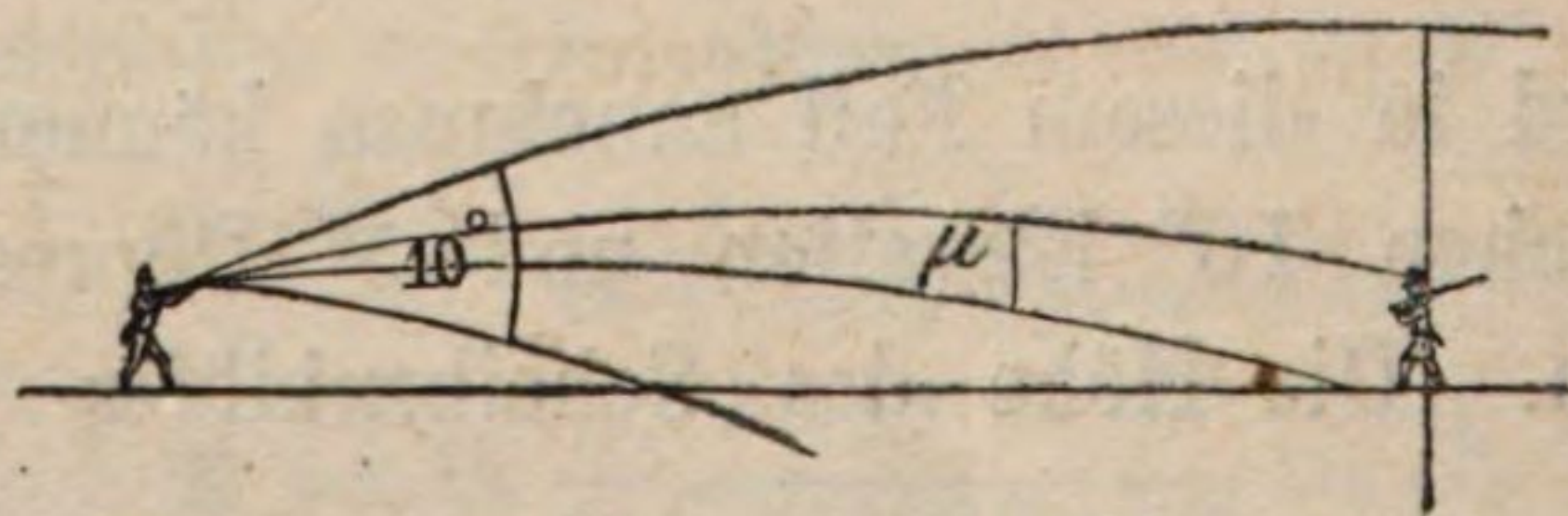
$$\mathfrak{W} = \frac{1,7}{300 \operatorname{Tg} 10^0} = \frac{1}{31}$$

Gesetze.

Wenn von der Mannschaft nicht gezielt, nur angeschlagen wird, gelten für die Verluste einer gegenüberstehenden Truppenlinie folgende Regeln:

- 1) *Sie sind proportional der ungedeckten Höhe des Gegners.*
- 2) *Sie sind verkehrt proportional der Distanz (weil $X \operatorname{Tg} 10^0$ in diesem Verhältniss steht).*
- 3) *Die Verluste sind unabhängig von der Normalstreuung (weil die Verschiedenheiten der Bahnlinien in Folge des Nichtzielens ohne Vergleich grösser), ebenso vom Einfallswinkel, wie aus der Figur ersichtlich. Geschosse, deren Bahnlinie in dem Winkel μ fällt, sind Treffer, gleichgültig unter welchem Winkel sie einschlagen.*

Fig. XXXX.



- 4) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze nicht mehr anschlägt.

In diesem Fall ist beinahe auf gar keine Treffer zu rechnen, weil immer zu hoch unter $10 - 20^0$ Elevation abgefeuert wird; die Geschosse fallen auf 2000 — 3000 Schritte Distanz ein.

Resumé.

Verluste einer Truppenlinie im Gefecht.

Die Verluste einer Truppenlinie im Gefecht sind:

- 1) *unabhängig von der Breitenstreuung der Waffe,*
- 2) *proportional der ungedeckten Höhe des Gegners; eine liegende Truppenlinie erleidet desshalb nur den 4. Theil der Verluste, wie eine stehende.*
- 3) *Die Verluste nehmen (unter sonst gleichen Verhältnissen) in rascherem Verhältniss ab, wie verkehrt die Distanzen.*
- 4) *Aufstellungen hinter Terrainböschungen, deren Winkel kleiner als der Einfallwinkel der Geschosse, haben nur als Versteck Werth. Im Feuergefecht vermindern sie die Verluste nicht.*
- 5) *Die Verluste sind verkehrt proportional der Dichtigkeit der Aufstellung. Bei zweigliedriger Stellung wird auf jeden Schritt der Frontlinie 2 Mann gerechnet; eine 4 mal weniger dichte Tirailleurlinie erleidet 4 mal weniger Verluste.*
- 6) *Die Wirkung des Feuers ist im höchsten Grade von der Verfassung der Mannschaft abhängig.*

400 Schr. als mittlere Entfernung angenommen, kann man rechnen, dass die Verluste des Gegners in den 4 Fällen:

- 1) nicht angeschlagener Schuss,*
 - 2) angeschlagener Schuss,*
 - 3) gezielter Schuss, die Distanz unbekannt,*
 - 4) gezielter Schuss, die Distanz bekannt,*
- sich verhalten wie 1 : 5 : 25 : 50.*
-

III. Capitel.

Zusammenstellung der Faktoren, welche die Leistung einer Infanterielinie im Feuergefecht bestimmen, Grundsätze für das Gewicht der Handfeuerwaffe, die Wahl des Systems und des Kalibers.

Ein Krieg steht in Aussicht; der Bauer verlässt den Pflug, die Werkstatt steht leer, alles eilt zu den Fahnen. Jeder bringt ein bestimmtes Maass moralischen Muthes, von Fähigkeit sich zu helfen, von Körperkraft und Gesundheit mit. Es ist die erste und wichtigste Aufgabe, dieses kriegerische Capital möglichst unvermindert zur Geltung zu bringen. Sehen wir, wie sie erfüllt wird. Jeder erhält seinen schwer bepackten Tornister, seine Waffe und Munition, fort geht es auf der nächsten Bahn dem Kampfplatz zu. Kaum aus dem Waggon beginnt eine Reihe von Märschen unter den ungünstigsten Verhältnissen. Mit 30 — 40 Pfd. belastet, oft bei glühender Sonnenhitze in eine Staubwolke eingehüllt, oft querfeldein durch Wiesen und Getreidefelder, oder von Regen durchnässt, schleppt sich der Infanterist

mühsam weiter, fast erliegend seiner Last. Die Bivouaks mit ihren verderblichen Folgen, wunde Füße, Fieber etc. decimiren die Armee; jeder einzelne, selbst der stärkste, hat an Muth und Lebenskraft bedeutend eingebüsst. Ein Gefecht ist zu erwarten. Nach einer halb oder ganz durchwachten Nacht wird stundenlang, den taktischen Aufmarsch auszuführen, durch die Getreidefelder marschirt. Eine endlose Linie knatterndes Gewehrfeuer entwickelt sich, die ganze Umgegend in Rauch einhüllend; zahlreiche Geschosse pfeifen durch die Luft. Die Abtheilung wird in das Gefecht gezogen und mit fieberhafter Hast geht es vorwärts. Jetzt soll der Soldat seine Waffe brauchen, wiederholt laden, die Patronen aus der Tasche holen, aber mit Vorsicht, dass er nicht ein paar andere mit herauswirft, die Entfernung nach dem Gegner schätzen, das Visir stellen, ruhig zielen und schießen, sage mit einem schweren Tornister auf dem Rücken, einem unbequemen Helm auf dem Kopfe, mit erschöpften Kräften, im höchsten Grade aufgeregt. Das heisst Unmögliches fordern. Nach wenig Schüssen versagen dem Mann die Kräfte zum Anschlag, er lädt mechanisch fort und pufft in die Luft hinaus.

So ist es in der Regel, eine bessere Verfassung der Truppe, besonders nach wiederholten Gefechten, Ausnahme. Die Offiziere selbstverständlich sind besser daran, sie haben keinen Tornister, keine Patrontasche, kein Gewehr zu tragen, und hätten desshalb sehr Unrecht, von sich auf die Mannschaft zu schliessen.

Berechnet man die wahrscheinlichen Verluste des Gegners unter der Voraussetzung, dass die Mannschaft zwischen 10^0 Elevation und 5^0 Depression einfach anschlägt, ohne zu zielen, so ergibt sich folgendes:

	Ziel		
	zweigliedrige Infanterielinie	Schützenlinie auf 2 Schritte 1 Mann	Schützenlinie ebenso stark aber liegend
Treffwahrschein- lichkeit auf 400 Schritte Distanz (die Zahlen ab- gerundet)	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{480}$

Die Treffer im Gefecht auf 400 Schr. betragen erfahrungsgemäss viel weniger, woraus mit absoluter Gewissheit zu schliessen, dass im Gefecht ein grosser Theil der Mannschaft nicht nur nicht zielt, sondern nicht einmal anschlägt. Dieses Verhältniss ist nicht etwa günstiger bei Schützenlinien, im Gegentheil, es ist eher noch schlechter; denn wenn diese liegen, schauen viele nach einigen Minuten hinter ihren Deckungen gar nicht mehr hervor. Die Erfahrung lehrt, dass oft ein ausgedehntes lang anhaltendes Tirailleurfeuer beiden Theilen keinen Mann kostet. Von einer geschlossenen Abtheilung, die nach Commando feuert, wäre in den meisten Fällen der Maximaleffekt zu erwarten, weil dann wenigstens alle anschlagen, aber diess ist praktisch undurchführbar.

Das Procentverhältniss der Mannschaft, die zielt, nur anschlägt, oder schiesst, ohne anzuschlagen, ist nach der physischen und moralischen Beschaffenheit der Truppe sehr verschieden. Von diesem Verhältniss hängen in erster Linie die Verluste ab, welche sie dem Gegner im Feuergefecht zufügt.

Diese Verluste sind in zweiter Linie von der Waffe abhängig, welche diese Truppe führt.

Die Faktoren, welche hier zur Geltung kommen, sind 1. Streuungsrechteck, 2. Flachheit der Bahn, 3. Gewicht der Waffe, 4. Raschheit des Feuerns.

Das Ergebniss unserer Untersuchungen in Bezug auf diese 4 Punkte ist folgendes:

Im Feuergefecht Linie gegen Linie ist die Normalstreuung der Geschosse in den gewöhnlichen Gränzen von sehr geringem Einfluss auf die Verluste des Gegners, weil die Bahnschwankungen durch den Schützen selbst ohne Vergleich grösser sind. Ebenso gering ist auch der Einfluss der gewöhnlichen Differenzen in den Einfallswinkeln, wie er bei den neueren Waffen gefunden wird.

Die wichtigsten Faktoren, wodurch eine Waffe auf die Verluste des Gegners Einfluss übt, sind ihr Gewicht und die Raschheit des Feuers, welches sie erlaubt.

Das Gewicht einer Waffe entscheidet die Zahl angeschlagener Schüsse, die mit demselben abgegeben werden können; jedes Loth mehr kostet desshalb einen Theil der Wirkung, welchem Einfluss sich auch die beste Truppe nicht entziehen kann.

Wenn ein System rascheres Schiessen erlaubt, verdichtet sich die Geschossgarbe; in demselben Verhältnisse vermehren sich, in einer gegebenen Zeit, die Verluste des Gegners und erhöht sich in gleicher Proportion der moralische Eindruck. Selbstverständlich ist hier nicht die Schusszahl massgebend, die ein einzelner Schütze mit Taschenspielerfertigkeit auf dem Schiessplatze herausschlägt, sondern wieviel durchschnittlich von dem einfachen Soldaten im Gefecht abgegeben

werden können, alle Versager und ausser Gefecht gesetzten Gewehre mit in Anschlag gebracht.

Zur Erörterung der Kaliberfrage dient folgende Zusammenstellung. Wägt man beispielsweise die Vor- und Nachtheile der Kaliber von 7,8 und 11 mm. gegen einander ab:

- 1) Die Flugbahn des kleineren ist nach dem Kalibergesetz überlegen.
- 2) Man erspart an Kosten des Munitionsmaterials nahezu 50% (nach dem Kalibergesetz in dem Verhältniss $7,8^2 : 11^2 = 60,8 : 121$) sowohl bei den Friedensübungen, als bei der Feldausrüstung.
- 3) Man gewinnt 50% an Munitionsgewicht, das der Mann zu tragen hat.
- 4) 50% an Transportfuhrwerken der Munitionsnachfuhr.
- 5) Der Lauf kann, bei gleicher Sicherheit gegen Zerspringen, 50% leichter gemacht, ebenso können alle Theile des Verschlusses und der Garnitur schwächer gehalten werden.

Dem gegenüber folgende Nachtheile:

- 1) Die Kosten für den Lauf betragen 1 bis 2 Thaler mehr.
- 2) Die Läufe werden bei roher Behandlung leichter verbogen. Dieser Fehler kann durch Gusstahlläufe beseitigt werden. Jedenfalls trifft er nur einzelne, der Vorthail leichterer Handhabung alle. Die Behauptung, dass solche Gewehre weniger zum Bajonnetkampf geeignet, verdient keine Beachtung. Wie oft kreutzen sich die Gewehre wirklich und wenn auch, wie oft wird dabei der Lauf Schaden leiden? Ganz abgesehen, dass im Kampf selbst die leichtere Waffe durch ihre rascheren Bewegungen im Vorthail.

Aus obiger Zusammenstellung geht hervor, dass ein kleineres Kaliber nicht nur bedeutend wohlfeiler, weil Waffe und Munition zusammengerechnet werden muss, sondern dass sich mit demselben noch andere höchst wichtige Vortheile verbinden.

Das Resultat unserer Untersuchungen sind folgende drei Sätze:

I.

Eine Handfeuerwaffe soll so leicht sein, als es irgend mit der Solidität verträglich, und jede Verminderung des Gewichtes darf als ein beachtenswerther Gewinn angesehen werden.

II.

Der kriegerische Werth einer Waffe ist proportional der Raschheit des Feuers, welches dieselbe erlaubt.

III.

Das kleinste fabrikmässig darstellbare Kaliber der kleinen Feuerwaffe bietet die meisten Vortheile.

Abschnitt V.

Die grosse Feuerwaffe.

I. Capitel.

Allgemeine Anforderungen an ein Feldgeschütz.

a. Verschluss des Rohres.

- 1) Der Verschluss muss vollkommen sicher sein.
- 2) Die Waffe muss 60 — 70 Schüsse ununterbrochen erlauben, ohne den Dienst zu versagen.
- 3) Kein Theil des Mechanismus darf leichtem Verderben ausgesetzt sein.
- 4) Der Verschlussmechanismus muss leicht gereinigt werden können.
- 5) Je leichter derselbe geht, je weniger Bewegungen erforderlich, desto besser.
- 6) Ungehindertes Spiel der Verschlusstheile wesentlich davon abhängig, dass ein Entweichen der Pulvergase nach rückwärts vollständig verhindert wird.

Anmerk. Die Wirkung der Gase auf den Verschluss ist nach den Regeln Seite 52 zu beurtheilen und gilt auch hier als Grundsatz, dass eine Waffe gefährlich für die Bedienung, wenn das Gas sich zwischen breite Flächen hineinschieben kann.

b. Munition und Verpackung.

- 1) Die Munition muss in so weit gefahrlos sein, dass die Erschütterungen beim Fahren, die Erwärmung durch die Sonne etc. keine Explosion veranlassen können.
- 2) Längeres Fahren in den Protzen und Wagen darf die Munition nicht wesentlich verändern.
- 3) Munition und Zündungen müssen eine Magazinirung von 2—3 Jahren ohne erheblichen Nachtheil vertragen.

c. Die Laffete als Schiessgestell.

- 1) Die Laffete muss eine grosse Schusszahl vertragen, ohne darunter zu leiden.
- 2) Der Rücklauf soll nicht zu gross sein. (5 Schr. bei Feldgeschützen Norm.)
- 3) Sie muss sich nach dem Schuss rasch und leicht durch die Bedienung vorschieben lassen.
- 4) Die Richtmaschine soll rasch und leicht zu handhaben, unempfindlich gegen äussere Einflüsse sein, und durch den Schuss ihre Stellung wenig oder gar nicht verändern.

d. Die Laffete als Theil eines Fahrzeugs.

- 1) Die Laffete soll sich leicht auf- und abprotzen lassen.
- 2) Ihre Verbindung mit der Protze muss vollkommen sicher sein, so dass kein Selbstabprotzen während des Fahrens vorkommen kann.
- 3) Man unterscheidet zwei principiell verschiedene Systeme der Verbindung zwischen Laffete und Protze. Bei dem ersten endet die Laffete nach rückwärts in einen Block mit Ring, der beim Aufprotzen in einen Haken

eingehängt wird. Die Deichsel wird von den Pferden getragen und zwar entweder als Gabeldeichsel vom ersten Handpferd, oder als Stangendeichsel von den beiden Stangenpferden mit Hülfe von Traghörnern an der Deichselspitze, die mit Steuerketten in Verbindung gesetzt werden. Vortheile dieser Einrichtung sind die Unabhängigkeit von Vor- und Hinterwagen (vortheilhaft bei Gräben, Dammübergängen etc.) und die Leichtigkeit des Auf- und Abprotzens. Als Nachteile muss die Mehrbelastung der Pferde hervorgehoben werden und dass dieselben durch die unruhigen Bewegungen der Deichsel leicht gedrückt werden.

Bei dem zweiten Princip soll die Stangendeichsel durch die Construction getragen werden. Als Vortheile sind die Schonung der Pferde, ruhigeres Fahren, meistens auch ein grösserer Lenkungswinkel, als Nachteile schwierigeres Auf- und Abprotzen hervorzuheben; auch entstehen bei dem Passiren von Gräben, Dämmen etc. leicht Brüche und Verbiegungen in den Verbindungstheilen von Laffete und Protze, ebenso kommen nicht selten Deichselbrüche vor.

Es muss bemerkt werden, dass manche Constructionen der letztgenannten Kategorie die Aufgabe des Deichseltragens nur sehr unvollkommen erfüllen.

II. Capitel.

Das Feldgeschütz als Fuhrwerk.

a) Berechnung der nöthigen Zugkraft.

Bei der Bewegung eines Fuhrwerks ist zu unterscheiden die nöthige Kraft, den fraglichen Körpern (Geschütz und

Pferde) eine bestimmte Geschwindigkeit zu ertheilen (anzufahren) und die nöthige Kraft, diese Bewegung zu erhalten.

Erstgenannte ist nach den Gesetzen Seite 37 analog Beispiel 3 zu beurtheilen.

Hier die Regeln, die Kraft zu bestimmen, durch welche ein Fuhrwerk auf ebenem Boden in gleichmässiger Bewegung erhalten wird:

- 1) *Die nöthige Zugkraft ist unabhängig von der Zahl der Räder, der Raschheit der Bewegung und in gewissen Gränzen auch von der Felgenbreite.*
- 2) *Sie beträgt für einen 2rädri gen Karren mit dem Raddurchmesser von 1 metre = $2r$ auf guter Strasse $\frac{1}{15}$ seines Gesamtgewichtes, ist also letztgenannter Grösse proportional.*
- 3) *Sie ist verkehrt proportional der Radhöhe.*
- 4) *Bei dem 4rädri gen Fuhrwerk ist diese Grösse gleich der Summe der nöthigen Zugkräfte von zwei 2rädri gen Karren, wovon der eine Radhöhe und Gewicht des Vorder-, der andere Radhöhe und Gewicht des Hinterwagens besitzt.*

Nach diesen Regeln beträgt die Zugkraft (φ), welche ein 4rädri ges Fuhrwerk auf ebener guter Strasse in gleichmässiger Bewegung erhält:

$$\frac{1}{15} \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right) = \varphi$$

M_1 Gewicht, welches die Felgen der Vorderräder zu tragen haben,

M_2 „ „ „ „ „ Hinterräder „ „ „

$2r_1$ Durchmesser des Vorderrades, $2r_2$ Durchmesser des Hinterrades.

Unter sehr günstigen Verhältnissen kann diese Grösse bis auf $\frac{1}{22} \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right)$ abnehmen, und bei sehr ungünstigen z. B. in frisch gepflügtem Ackerland, bis auf $\frac{1}{7} \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right)$ steigen.

Beispiel.

Ein Geschütz hat folgende Gewichtsverhältnisse:

Höhe der Vorderräder 1,177 m.

„ „ Hinterräder 1,443 m.

Totalgewicht, welches die Felgen der Vorderräder tragen, 900 K.

„ „ „ „ „ Hinterräder „ 875 K.

Wie gross ist die nöthige Zugkraft, dieses Geschütz auf ebener guter Strasse in gleichmässiger Bewegung zu erhalten?

$$\varphi = \frac{1}{15} \left(\frac{900}{1,177} + \frac{875}{1,443} \right) = \frac{1}{15} (769 + 606) = 91,7 \text{ K.}$$

In frisch gepflügtem Feld beträgt die entsprechende Zugkraft $\frac{1}{7} \cdot (769 + 606) = 196 \text{ K.}$

Die nöthigen Zugkräfte bei zwei verschiedenen Fuhrwerken, aber gleicher Wegbeschaffenheit, stehen in folgender Proportion:

$$\varphi_1 : \varphi_2 = \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right) : \left(\frac{\mathfrak{M}_1}{2r_1} + \frac{\mathfrak{M}_2}{2r_2} \right)$$

Dem ersten Fuhrwerk entspricht M_1, M_2, r_1, r_2 .

„ zweiten „ „ „ $\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, r_1, r_2$.

Beispiel.

Ein Transportfuhrwerk hat folgende Gewichtsverhältnisse:

Höhe der Vorderräder 1,177 m.

„ „ Hinterräder 2,5 m.

Gewicht, welches die Felgen der Vorderräder tragen 300 K.

„ „ „ „ „ Hinterräder „ 2800 K.

Die nöthigen Zugkräfte bei dem Geschütz in der letzten Aufgabe 1 und diesem Fuhrwerk sollen verglichen werden.

$$\varphi_1 : \varphi_2 = \left(\frac{900}{1,177} + \frac{875}{1,443} \right) : \left(\frac{300}{1,177} + \frac{2800}{2,5} \right) \\ = 1375 : 1376.$$

Beim Bergauffahren ist die nöthige Zugkraft in folgender Weise zu beurtheilen:

Der Reibungswiderstand ist, analog dem Fahren auf ebenem Terrain, proportional dem Normaldruck auf den Boden, also bei guter Wegbeschaffenheit

$$= \frac{1}{15} \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right) \cos \alpha,$$

wenn α der Böschungswinkel.

Dazu kommt die nöthige Kraft, einer Masse $M_1 + M_2$ auf der schiefen Ebene das Gleichgewicht zu halten. Diese ist gleich $(M_1 + M_2) \sin \alpha$, also die nöthige Gesamtkraft auf guter Strasse:

$$\varphi_n = \frac{1}{15} \left(\frac{M_1}{2r_1} + \frac{M_2}{2r_2} \right) \cos \alpha + (M_1 + M_2) \sin \alpha.$$

Soll die Kraft berechnet werden, welche die Pferde bei dieser Bewegung ausüben, so ist Rücksicht zu nehmen, dass diese ihr eigenes Gewicht auch noch die schiefe Ebene hinaufschieben müssen.

Ist $\mathfrak{G}$ das Gewicht eines Pferdes (circa 450 K.) so ist die dazu nöthige Kraft für ein Pferd $= \varphi_m = \mathfrak{G} \sin \alpha$.

b) Leistung des Pferdes im Tragen.

Die tägliche Marschleistung eines Pferdes im Schritt hängt von seiner individuellen Beschaffenheit und von seiner Belastung ab. Bei einem bestimmten Pferdeschlag wird man zwischen seiner Belastung ($\mathfrak{B}$) und seiner Marsch-

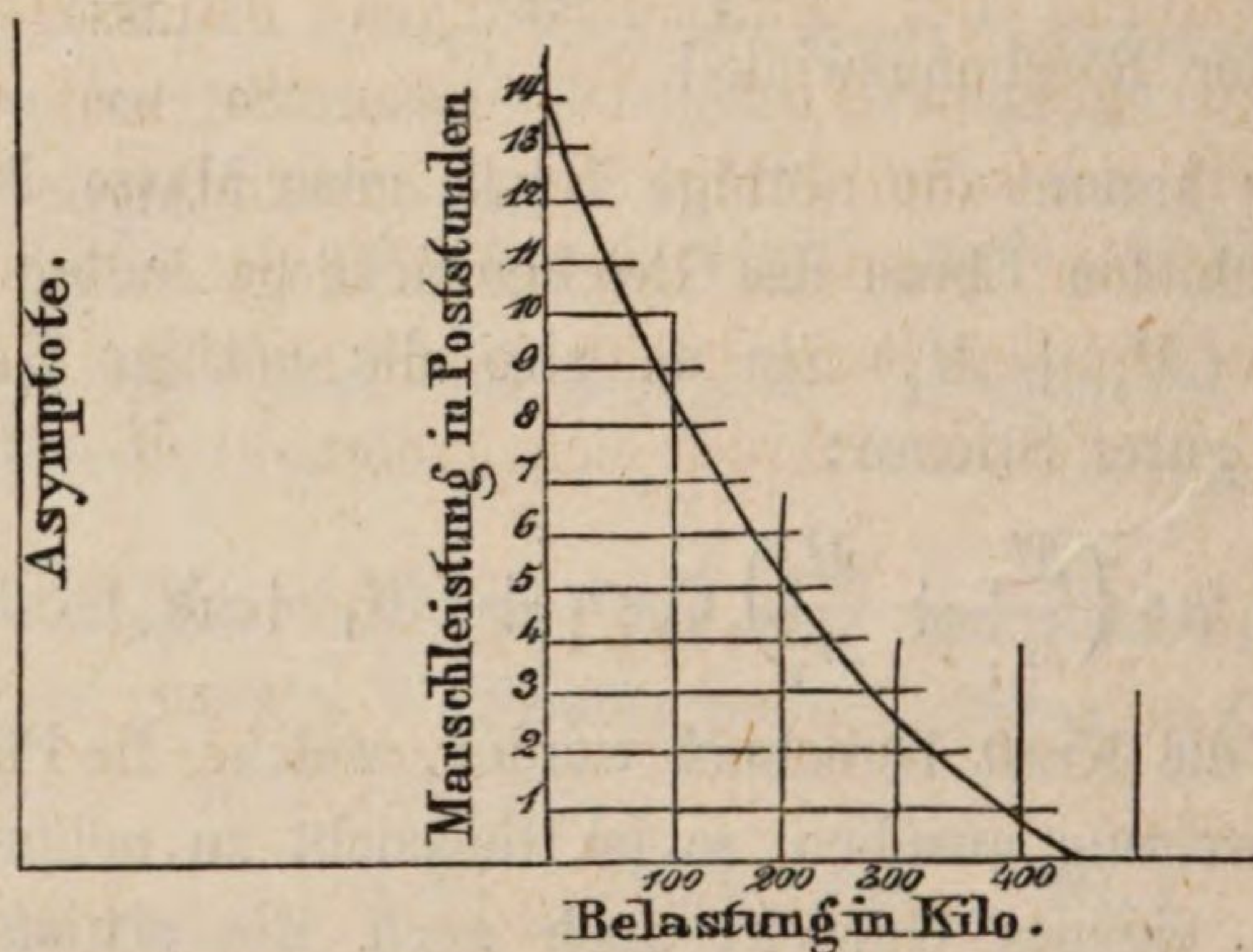
leistung ($\mathfrak{M}$) eine Curve construiren können, wozu einige aus der Praxis bekannte Daten Anhaltspunkte geben.

Angenommen, der fragliche Pferdeschlag kann ohne Belastung 14 Poststunden täglich zurücklegen, so ist $\mathfrak{B} = 0$, $\mathfrak{M} = 14$ ein Punkt der Curve.

Ferner, bei einer Belastung von $\mathfrak{B} = 450$ K. können diese Pferde nicht mehr von der Stelle, so ist $\mathfrak{B} = 450$ K., $\mathfrak{M} = 0$, ein zweiter Punkt der Curve.

Die Form derselben ergibt sich aus folgenden Schlüssen:

Fig. XXXXI.



Wenn das Pferd sich mit unveränderter Geschwindigkeit bewegt, so wird, nach dem Gesetz vom Beharrungsvermögen der Körper, keine Kraft verwendet, diese Geschwindigkeit zu erhalten, aber eine gewisse Leistung wird durch fortwährendes Erzeugen und Aufheben von verschiedenen ungleichförmigen Geschwindigkeiten in den einzelnen Theilen des circa 450 K. schweren Pferdekörpers absorbirt. Diese Leistung auf die Bewegung eines Körpers von unendlich kleiner Masse verwendet, müsste derselbe eine unendlich

grosse Wegstrecke zurücklegen. Daraus folgt, dass die fragliche Curve in $\mathfrak{B} = -450$ eine Asymtote haben muss.

Die einfachste Curve, welche diese Bedingungen erfüllt, ist eine Hyperbel, deren Gleichung:

$$(\mathfrak{B} + 450)(\mathfrak{M} + 14) = 12600$$

$\mathfrak{B}$ Belastung des Pferdes in Kilo.

$\mathfrak{M}$ Marschleistung in Poststunden.

Ein einzelnes Resultat aus dieser Formel berechnet, hat keinen Werth. Die Richtigkeit hängt zu sehr von der Beschaffenheit des betreffenden Pferdes ab. Anders, wenn das Verhältniss der Marschleistungen bei verschiedenen Belastungen gesucht wird. Die Resultate sind dann so genau, wie sie kaum durch die ausgedehntesten Versuche gefunden werden könnten. Der Grund liegt darin, dass die Curve eine ähnliche Form behält, wenn auch die Beschaffenheit des betreffenden Pferdes sich ändert.

Beispiel.

Wie viel Procente an Marschleistung verliert die Cavalerie durch den Mantelsack?

Daten	{	Gewicht des Reiters	70 K.
		„ „ Sattels	10 K.
		„ „ Kopfgestells	2 K.
		Summa	82 K.
		Gewicht des Mantelsacks	15 K.

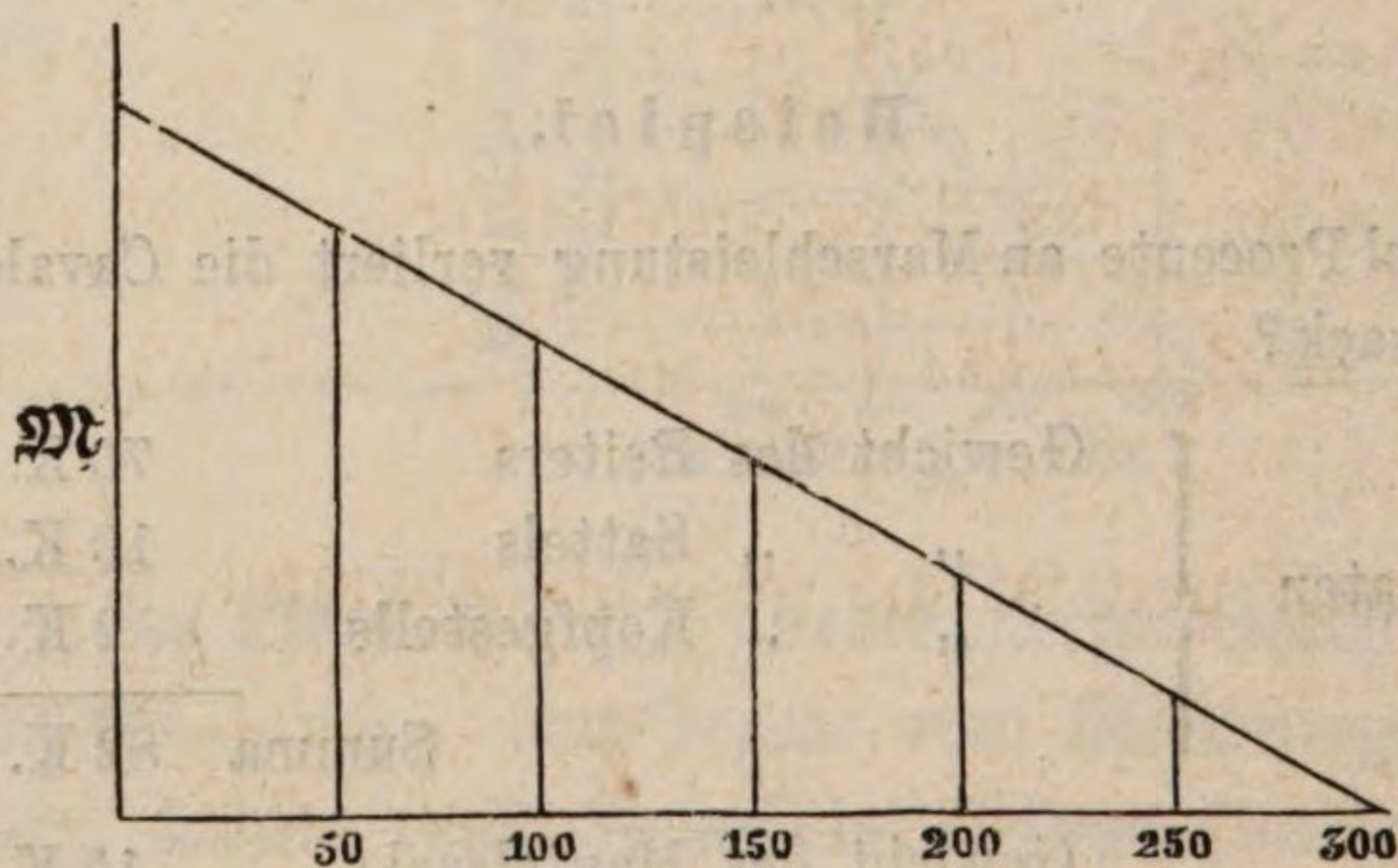
Die Last, welche das Pferd zu tragen hat, beträgt ohne Mantelsack 82, mit Mantelsack 97 K. Durch Einsetzen in obige Gleichung erhält man als Marschleistung im ersten Fall 9,6 Stunden, im zweiten 9,0.

Beide in Proportion gesetzt, ergibt im zweiten Fall 8% weniger Marschleistung.

c. Marschleistung eines zugleich tragenden und ziehenden Pferdes, des 6-, 4- und 2 spännigen Zuges, Anwendung der Resultate auf den Transport der Geschütze und der Wagencolonnen, Fahren der Tornister der Infanterie, Gewinn an Marschleistung durch diese Massregel.

In der Absicht, die Marschleistung eines Pferdes zu finden, das zugleich tragen und ziehen soll, construirt man wieder eine Curve, deren erster Punkt die Marschleistung des nicht eingespannten, aber angeschirrten Zugpferdes, mit oder ohne Reiter, je nachdem die Aufgabe gestellt ist, was nach der obigen Formel berechnet werden kann. Ein zweiter Punkt der Curve ist durch die Erfahrung bestimmt, dass bei dem gewöhnlichen Artilleriezugpferd die Gränze seiner Zugkraft 300 K. Beide Punkte durch eine gerade Linie verbunden, die wir, in Ermangelung weiterer Anhaltspunkte, für die Curve substituiren, erhält man folgende Gleichung:

Fig. XXXXII.



$$M - \frac{M \cdot Z}{300} = m$$

M die tägliche Marschleistung des nur eingeschrirten nicht angespannten Pferdes, aus der Formel S. 147 berechnet.

Z die Zugkraft, welche dieses Pferd ausüben muss.

m die tägliche Marschleistung dieses Pferdes.

Gewichte	{	Kummt	7 K.	
		Sattel	10 K.	Belastung des Stangensattel-
		Mantelsack	16 K.	pferdes mit Reiter 113 K.
		Geschirr	7 K.	Belastung des Stangensattel-
		Kopfgestell	3 K.	pferdes ohne Reiter 43 K.
		Reiter	70 K.	

Es soll bestimmt werden, wie viel Procente täglicher Marschleistung gewonnen werden, wenn die 3 Fahrkanoniere nicht reiten, sondern 2 auf der Protze sitzen, einer die Pferde anzutreiben, nebenhergeht.

Die nöthige Zugkraft im ersten Fall $= \varphi = \frac{1}{15} \left(\frac{900}{1,177} + \frac{875}{1,443} \right) = 91,43 \text{ K.}$

Das Stangensattelpferd übernimmt davon $\frac{1}{5}$, das ist 18,3 K. $= z_6$. Aus seiner Belastung mit 113 K. ergibt sich seine Marschleistung, wenn es nichts zu ziehen hat, aus der Gleichung Seite 147:

$$\begin{aligned} (B_1 + 450)(\mathfrak{M}_1 + 14) &= 12600 \\ (113 + 450)(\mathfrak{M}_1 + 14) &= 12600 \\ \mathfrak{M}_1 &= 8,4 \text{ Stunden.} \end{aligned}$$

$\mathfrak{M}_1$ und Z_6 in der Gleichung $\mathfrak{M} - \frac{\mathfrak{M} \cdot Z}{300} = m$ eingesetzt, erhält man $8,4 - \frac{8,4 \cdot 18,3}{300} = m_1 = 7,9 \text{ Stunden}$, das ist die Marschleistung des 6 pfünders, wenn die Fahrkanoniere reiten.

Die nöthige Zugkraft im zweiten Fall beträgt

$$\frac{1}{15} \left(\frac{1040}{1,177} + \frac{875}{1,443} \right) = 99,3.$$

Das Stangensattelpferd übernimmt davon $\frac{1}{5}$, also $z_6 = 19,9$. Aus seiner Belastung mit 43 K. ergibt sich seine Marschleistung, wenn es nichts zu ziehen hat, aus der Gleichung

$$\begin{aligned} (43 + 450)(\mathfrak{M}_2 + 14) &= 12600. \\ \mathfrak{M}_2 &= 11,6. \end{aligned}$$

$\mathfrak{M}_2$ und z_6 in der Gleichung $\mathfrak{M} - \frac{\mathfrak{M} \cdot Z}{300} = m$ eingesetzt, ergibt sich die Marschleistung

$11,5 - 0,8 = m_2 = 10,8 \text{ Stunden}$,
als Marschleistung des 6 pfünders, wenn die Fahrkanoniere fahren.

m_1 und m_2 in Proportion gesetzt:

$$7,9 : 10,8 = 100 : x$$

$$x = 138$$

ergibt im zweiten Fall einen Gewinn von 38% an Marschleistung.

Das Resultat der vorigen Aufgabe verdient hervor-
gehoben zu werden. Von der Protze aus zu fahren, ist
das einfachste Mittel, bei allen Transporten die Pferde besser
zu erhalten, und in besonderen Fällen eine weit grössere
Marschleistung zu erzielen. Der Gewinn ist so bedeutend,
dass der 6pfünder 4spännig in diesem Fall noch um circa
20% mehr Marschleistung hat, als 6spännig, wenn die
Fahrkanoniere reiten. Die zahlreichen Vortheile, welche
die Reduction der Bespannung von 6 auf 4 Pferde mit sich
bringen würde, bedürfen keiner Auseinandersetzung, und wir
empfehlen desshalb die vorliegende Frage dem Studium der
Artilleristen.

Beispiele.

- 1) Statt des bei dem 6pfünder einliegenden Rohres von 430 K.
Gewicht, soll ein anderes von 280 K. Gewicht Anwendung finden;
wie verhalten sich die Marschleistungen?

Das Gewicht des Hinterwagens beträgt demnach in diesem
Fall um 158 K. weniger.

Der Gewinn beträgt etwa 2%.

Ganz in gleicher Weise kann auch das Verhältniss der Marsch-
leistungen des 6pfünders und 4pfünders verglichen werden und
lässt sich darthun, dass selbst unter sehr ungünstigen Terrain-
verhältnissen (im Ackerland) die Ueberlegenheit der Marschleistung
des 4pfünders weniger als 8% beträgt.

- 2) Mit dem obigen 6pfünder soll ein 4spänniges Repetirgeschütz
in Bezug auf seine Marschleistung verglichen werden.

Gewichtsverhältnisse des Repetirgeschützes.	{	Gewicht des Vorderwagens 600 K. „ „ Hinterwagens 450 K. $2r_1 = 1,177, 2r_2 = 1,443.$
--	---	---

Die nöthige Zugkraft für dieses Geschütz = 55 K.

Bei dem 4spännigen Zug übernimmt das Stangensattelpferd $\frac{2}{7}$ derselben = 15,7 K. Die Marschleistung dieses Pferdes mit seinem Reiter, wenn es nichts zu ziehen hat, beträgt, wie schon oben berechnet, 8,4 Stunden.

$$M = 8,4 \text{ und } Z = 15,7$$

$$8,4 - \frac{8,4 \cdot 15,7}{300} = m = 7,97 \text{ Stunden.}$$

Die Marschleistung des 6pfünders ist oben zu 7,9 Stunden bestimmt worden, und ist demnach bei beiden Geschützen nahezu gleich.

Wir erlauben uns diesem Capitel einige naheliegende Folgerungen beizufügen, die mit unserer Aufgabe zwar nicht in unmittelbarem Zusammenhange stehen, aber ihrer Wichtigkeit halber Erwähnung verdienen.

Beinahe das einzige Mittel, die Transportkolonnen zu verkürzen, sind Fuhrwerke mit hohen Rädern (2,5 — 3 m. Durchmesser) und 6 — 8 Pferde Bespannung, die in Folge dessen eine weit grössere Belastung zulassen. Für den täglichen unmittelbaren Truppenverkehr sind dieselben jedoch schwer anwendbar.

Aus den früheren Bemerkungen über die Infanterie geht hervor, wie wichtig es wäre, ihr Gepäck so einzurichten, dass sie ein paar Tage ohne Tornister auskommen kann, und diese nachfahren zu lassen. Jedes Bataillon zu 1000 Mann, jeden Tornister zu 10 K. gerechnet, dürfte es möglich sein, diese 10,000 K. in zwei 8spännigen Wägen mit kleinen Vorderrädern, aber 3 m. hohen Hinterrädern, welche die eigentliche Last übernehmen, zu transportiren. Das Gewicht des leeren Hinterwagens zu 850 K. gerechnet, ergeben sich ohngefähr folgende Verhältnisse:

$$M_1 = 300 \quad M_2 = 5000 + 850 = 5850$$

$$2r_1 = 1 \text{ m} \quad 2r_2 = 3 \text{ m.}$$

$$\varphi = \frac{1}{15} \left(\frac{300}{1} + \frac{5850}{3} \right) = 150 \text{ K.,}$$

das ist die nöthige Zugkraft.

Beim 8spännigen Zug trifft $\frac{2}{13}$ davon das Stangenpferd, das sind 23 K. Wenn diese Pferde nicht zu tragen haben, ist diese Anforderung geradezu unbedeutend. In Rücksicht auf unebenes Terrain empfiehlt sich trotzdem diese starke Bespannung, da beim Bergauffahren der Vorzug eines hohen Rades grossen Theils verloren geht, und wechselseitiger Vorspann verzögert, wenn häufig angewendet, bedeutend den Marsch.

Ihrer Wichtigkeit halber mag hier noch folgende, der Formel Seite 147 analoge, Gleichung eine Stelle finden. Sie dient dazu, den Verlust der Infanterie an Marschleistung durch irgend eine Belastung zu bestimmen:

$$(\mathfrak{B} + 70)(\mathfrak{M} + 7) = 1190$$

$\mathfrak{B}$ Belastung in K.
 $\mathfrak{M}$ Marschleistung in Poststunden.

$$\mathfrak{B} = 0, \quad \mathfrak{M} = 10,$$

$$\mathfrak{B} = 100, \quad \mathfrak{M} = 0,$$

$$\mathfrak{B} = -70, \quad \mathfrak{M} = \infty.$$

Angenommen, die Belastung der Infanterie mit Tornister betrage 20, ohne Tornister 10 K., so findet man aus dieser Gleichung die beiden Marschleistungen $6\frac{2}{3}$ in dem ersten, 8 Stunden in dem zweiten Fall, entsprechend einem Gewinn von 30%, was eines Opfers werth sein dürfte. In Wirklichkeit ist der Gewinn jedenfalls noch grösser, weil in dieser Gleichung auf den Kraftverlust keine Rücksicht genommen ist, der, abgesehen von der Last, durch die Unbequemlichkeit der gehinderten Körperbewegung und den lokalen Druck veranlasst wird.

III. Capitel.

Wahrscheinlichkeit des Treffens mit der grossen Feuerwaffe, Verluste des Gegners durch das Artilleriefeuer.

Die Gefahr übt auf die Bedienung der Geschütze einen entscheidenden Einfluss. In kritischen Augenblicken ist die fieberhafte Aufregung so gross, dass von Richtigstellen des Aufsatzes und genauem Zielen nur ausnahmsweise die Rede sein kann; die zitternden Hände, die flimmernden Augen versagen den Dienst, und man darf froh sein, wenn die einfachen Funktionen des Ladens ohne grobe Versehen ausgeführt werden. Ein sehr günstiges Resultat, wenn in solchen Fällen von 4 Schüssen einer mit dem commandirten Aufsatz abgegeben wird, und selbst bei diesen muss eine bedeutende Streuung der Geschosse angenommen werden, wenn die Rechnung der Wirklichkeit entsprechen soll.

A. Das Geschoss soll das Ziel vor seiner Explosion treffen.

Diese Art der Wirkung wird angewendet, Scharten, Schiffe, Brückenpfeiler und ähnliche Gegenstände zu zerstören und Geschütze zu demontiren; ebenso ist es Regel, Colonnen unmittelbar anzuschliessen. Eine 6 pfünder Granate kann 30 — 40 Menschen ausser Gefecht setzen. Die nachfolgende Explosion verstärkt die Wirkung bedeutend.

Die Gesetze für den Schuss der kleinen Feuerwaffe Seite 122 bis 130 gelten auch hier, und sollen desshalb, Wiederholungen zu vermeiden, nur die Formeln angeführt werden.

1. die Zieldistanz ist bekannt.

a) Die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen, wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B \cdot H}$$

$\mathfrak{W}$ die Treffwahrscheinlichkeit;
 F die Fläche, welche das Ziel bietet;
 B der kleinste Abstand zweier senkrechter Linien, welche die Hälfte der Einschläge umfassen;
 H der kleinste Abstand zweier horizontaler Linien, welche die Hälfte der Einschläge umfassen, analog Seite 118.

Beispiele.

- 1) Welche Wahrscheinlichkeit hat man, ein 1500 Schr. entferntes Geschütz, dessen Zielfläche $= 1 \square$ m., mit dem gezogenen 6 pfünder zu treffen? Die Distanz ist genau bekannt.

Nach den Schiesstafeln ist B auf diese Distanz $= 1,3$ m., $H = 0,94$ m. Beide sollen mit Rücksicht auf den Ernstfall doppelt so gross, also $B = 2,6$, $H = 1,88$ angenommen werden.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{1}{2,6 \cdot 1,88} = \frac{1}{19,8}$$

Man hat also von 20 Schüssen einen Treffer zu erwarten.

- 2) Wie gross ist die Treffwahrscheinlichkeit auf 1000 Schr.? Die Regel angewendet, dass die Treffwahrscheinlichkeit in verkehrt quadratischem Verhältniss zur Distanz steht:

$$15^2 : 10^2 = 20 : x$$

$$x = 8\frac{8}{9}$$

Man hat also von circa 9 Schüssen einen Treffer zu erwarten.

Besonders hervorzuheben ist der Unterschied zwischen versteckt und gedeckt stehen. Eine Terrainwelle kann das Zielgeschütz beinahe vollständig verstecken; wenn seine Böschung nicht steiler, als der Einfallwinkel, äussert diese Aufstellung keinen Einfluss auf die Treffwahrscheinlichkeit. Diese Bemerkung gilt in allen folgenden Beispielen.

- b) Die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie auf genau bekannte Distanz direkt zu treffen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H}$$

h die Höhe der Truppenlinie;
 H dieselbe Bedeutung wie oben.

Beispiel.

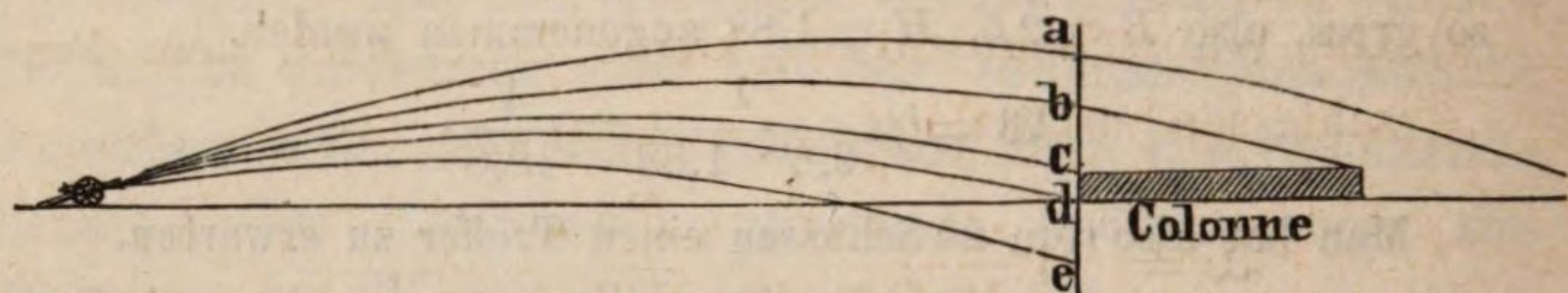
Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, eine 1500 Schr. entfernte Infanterielinie mit dem gezogenen 6 pfünder zu treffen, wenn die Distanz genau bekannt. $H = 1,88$, $h = 1,7$.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7}{1,88} = \frac{1}{2,2}$$

c) Die Wahrscheinlichkeit, eine Colonne auf genau bekannte Distanz zu treffen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h + X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)}{H}$$

Fig. XXXIII.



$$\begin{aligned} cb &= X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1) \\ cd &= h \\ ae &= H. \end{aligned}$$

h und H behalten die obige Bedeutung,

X ist die Zieldistanz,

β_2 der Elevationswinkel nach der Scheitellinie der Queue,

β_1 „ „ „ „ „ „ Tête.

Die Begründung ergibt sich unmittelbar aus der Figur.

Beispiel.

Man schießt mit dem gezogenen 6 pfünder (Granaten) auf eine Infanteriecolonne von 25 Schr. Tiefe, deren Entfernung 1500 Schr. $= 1125$ m. genau bekannt, $h = 1,7$ m., $H = 1,88$ m.

Elevationswinkel auf 1525 Schr. $= 3^6/16 = \alpha_2$

„ „ 1500 „ $= 3^5/16 = \alpha_1$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7 + 1125 \operatorname{Tg}(3^6/16^\circ - 3^5/16^\circ)}{1,88}$$

$\mathfrak{W}$ grösser als $\frac{1}{2}$.

- 2) die Zieldistanz ist unbekannt; die Elevation wird mit Sprenggeschossen corrigirt, oder die Distanz mit einem Distanzemesser bestimmt.

Wie erwähnt, betragen die Maximalfehler im Schätzen der Entfernungen 40 % der Distanz. Die Korrektur des Schusses bei Sprenggeschossen reducirt denselben auf 20%, und die Differenz der entsprechenden Elevationswinkel bezeichnet den Streuungswinkel der Geschosse, selbstverständlich eine grosse Zahl verschiedener Fälle zusammengerechnet, die Distanz bald besser, bald schlechter corrigirt.

- a) Die Wahrscheinlichkeit, kleine Ziele nach dem Einschossen zu treffen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{F}{B[H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)]}$$

Die Bedeutung aller Buchstaben bleibt die früher angegebene.

α_2 der Elevationswinkel für eine 20% grössere Distanz,

α_1 „ „ „ „ 20% kleinere „

Die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen, wenn die Entfernung mit einem Distanzemesser bestimmt worden ist, wird durch dieselbe Formel gefunden. α_2 und α_1 bedeuten dann die Elevationen für die Fehlergränzen. Beträgt der Maximalfehler des Distanzemessers z. B. 10%, so bedeutet α_2 den Elevationswinkel für eine 10% grössere, α_1 den Elevationswinkel für eine 10% kleinere Distanz.

Beispiel.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, ein auf 1500 Schr. = 1125 m. stehendes Geschütz mit dem gezogenen Gusstahl 6 pfünder zu

demontiren, wenn die Distanz unbekannt und die Fläche, welche dasselbe darbietet, 1 □ m. beträgt?

$$B = 2,6, \quad H = 1,88.$$

Die Elevation für die Distanz $X + \frac{20}{100} X = 1800$ beträgt $4^{1/16} = \alpha_2$
 „ „ „ „ „ $X - \frac{20}{100} X = 1200$ „ $2^{9/16} = \alpha_1$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{1}{2,6[1,88 + \frac{1125}{2} \text{Tg}(4^{1/16} - 2^{9/16})]} = \frac{1}{174}$$

Von 174 Schüssen ist ein directer Treffer zu erwarten.

Die Treffwahrscheinlichkeit ist mehr als 8 mal kleiner, als bei bekannter Distanz.

Analog erhält man die Treffwahrscheinlichkeit auf 1000 Schr. = $\frac{1}{42}$. In diesem Fall ist die Treffwahrscheinlichkeit $4\frac{1}{2}$ mal kleiner, als bei bekannter Distanz.

Beispiel.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, ein auf 1500 Schr. = 1125 m. entferntes Geschütz (Zielfläche 1 □ m.) zu treffen, wenn die Distanz mit einem Distanzemesser bestimmt worden ist, dessen Maximalfehler 5% betragen.

$$B = 2,8, \quad H = 1,88.$$

Die Elevation für die Distanz $X + \frac{5}{100} X = 1575$ Schr. beträgt $3^{8/16}$.
 „ „ „ „ „ $X - \frac{5}{100} X = 1425$ Schr. beträgt $3^{2/16}$.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{4} \frac{1}{2,6[1,88 + \frac{1125}{2} \text{Tg}(3^{8/16} - 3^{2/16})]} = \frac{1}{4} \frac{1}{2,6[1,88 + 3,62]} = \frac{1}{57}$$

Die Treffwahrscheinlichkeit in diesem Fall ist 3 mal grösser, als wenn man sich einschiesst.

b) Die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie nach dem Einschossen zu treffen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h}{H + \frac{1}{2} X \text{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Alle Buchstaben behalten die frühere Bedeutung. h ist die ungedeckte Höhe der Truppenlinie.

Die gleiche Formel findet Anwendung, wenn die Entfernung mit einem Distanzmesser bestimmt wird. α_2 und α_1 entsprechen den Maximalfehlern in der Bestimmung der Zieldistanz.

Beispiel.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, eine 1500 Schritte entfernte Infanterielinie nach dem Einschiessen direct mit dem gezogenen Feld-6 pfünder zu treffen.

$$H = 1,88, \quad h = 1,7, \quad \alpha_2 = 4^{1/16^0}, \quad \alpha_1 = 2^9/16^0.$$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7}{1,88 + \frac{1}{2} 1125 \operatorname{Tg}(4^{1/16^0} - 2^9/16^0)} = \frac{1}{19,5}$$

Wie gross ist die Treffwahrscheinlichkeit, wenn statt des Einschiessens ein Distanzmesser Anwendung findet, der die Entfernung mit einem Maximalfehler von $5^0/0$ bestimmt.

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7}{1,88 + 3,62} = \frac{1}{6,5}$$

Die Treffwahrscheinlichkeit im zweiten Fall ist 3 mal grösser.

c) Wahrscheinlichkeit, eine Colonne nach dem Einschiessen zu treffen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{h + X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)}{H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Fig. XXXXIII. $ae = H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$
 $bc = X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)$
 $cd = h.$

Begründung: An der Tête der Colonne eine senkrechte Scheibe gedacht, fällt die Hälfte der Schüsse in einen Streifen, dessen Höhe $H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)$.

Was in den Streifen von der Höhe $h + X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)$ fällt, sind Treffer.

Wenn ein Distanzemesser Anwendung findet, gilt dieselbe Formel. α_2 und α_1 bedeutet dann die Fehlergrößen des Elevationswinkels?

Beispiel.

Eine 50 Schr. lange Infanteriecolonne steht auf 1500 Schr.; wie oft darf man hoffen, sie mit dem gezogenen 6pfünder nach dem Einschiessen zu treffen?

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7 + 1125 \operatorname{Tg}(37'_{16''} - 35'_{16''})}{1,88 + \frac{1}{2} 1125 \operatorname{Tg}(41'_{16''} - 29'_{16''})}$$

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7 + 2,3}{1,88 + 14,8} = \frac{1}{8,3}$$

Wenn ein Distanzemesser angewendet wird, der die Entfernung mit dem Maximalfehler von 5% bestimmt:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{2} \frac{1,7 + 2,3}{1,88 + 3,62} = \frac{1}{2,7}$$

Da ein directer Treffer in der Colonne gleichbedeutend mit 30 — 40 Mann Verlust, erhält die bekannte taktische Regel, der Artillerie keine Colonnen zu zeigen, durch diese Resultate einen sprechenden Beleg.

Aus obiger Formel folgt, dass die Wahrscheinlichkeit, eine Colonne zu treffen, bei grösserer Tiefe beinahe in demselben Verhältnisse, wie letztgenannte Grösse, zunimmt.

B. Das Geschoss soll durch seine Garbe wirken.

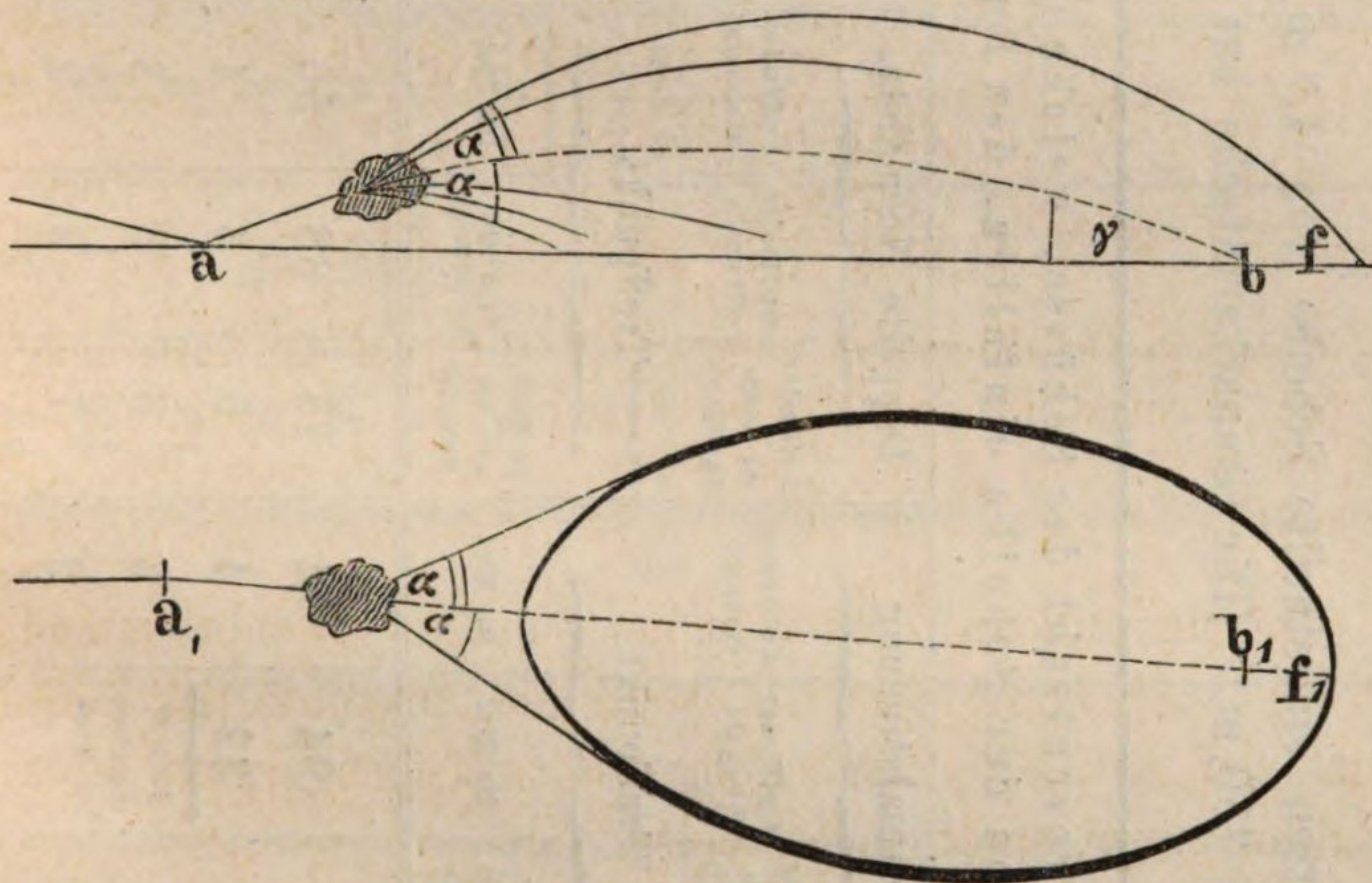
Das gewöhnliche Ziel der Artillerie sind Truppenlinien. In diesem Fall ist von der Garbe grössere Wirkung zu erwarten, als von einem directen Geschosstreffer, und man muss beim Zielen darauf Rücksicht nehmen.

1. Das Perkussionsgeschoss.

Das Geschoss zerspringt nach dem Aufschlag in eine gewisse Anzahl Theile (bei der 6pfünder Granate mit Blei-

umguss beträgt die Zahl der Sprengstücke circa 50). Die Differenz zwischen Einfallwinkel und Gellwinkel ist um so bedeutender, je weicher der Boden und je steiler der Einfallwinkel. Der Einfallwinkel der Geschosstheile ist um so verschiedener, je grösser der Garbenwinkel.

Fig. XXXIV.



Sei ab die gedachte Geschossbahn nach dem Aufschlag. Die meisten Geschosstheile fallen vor b und b_1 , die übrigen in den Raum von b bis f und b_1 bis f_1 ein. (Im luftleeren Raum wäre die Anzahl gleich.) Ein kleiner Theil der ersteren fällt flacher ein als der Winkel γ , letztere alle steiler.

Der Streuungswinkel der Garbe wird durch die Fortsetzung der Bahn in beiden Projectionen halbirt. Das Bodenbild der einfallenden Geschosstheile hat eine ellipsenähnliche Form, deren Axe mit der vertikalen Bahnebene einen Winkel nach rechts bildet, Folge der Rotation des Projectils.

Beispiel eines Versuchs.

Ziel eine 200 Schr. breite in Rotten eingetheilte Scheibe von 1,7 m. Höhe. Entfernung der Scheibe vom Geschütz 1000 Schr. = 750 m. (Die Granatkartätsche hat 90 Kugeln Einlage.)

Entfernung des Aufschlags von der Scheibe in Schritten	Mittlere Zahl der getroffenen Mann- schaft			Prozentzahl der Schüsse, welche in dem Abstand von der Scheibe einfallen, den Rubrik 1 anzeigt									
				Normalstreuung			Doppelte Normalstr.			Vierfache Normalstr.			
				Treffpunkt			Treffpunkt			Treffpunkt			
				6 pfünder Granat- kartätsch.	6 pfünder Granate	4 pfünder Granate	6 pfünder Granat- kartätsch.	6 pfünder Granate	4 pfünder Granate	6 pfünder Granat- kartätsch.	6 pfünder Granate	4 pfünder Granate	25 Schr. vor der Scheibe
0	2	2	2	4	94	74	18	68	50	23	46	26	
0—5	2	4	4	4	32	4	5	3	4	3	2	3	
5—10	6	6	6	7	Sma 97 3 gehen zu hoch	3	6	3	3	3	2	3	
10—15	8	7	6	9		2	7	2	2	4	2	2	

15—25	10	6	5	25	3	12	2	3	5	3	3
25—35	10	5	4	25	1	13	1	3	7	3	3
35—45	8	4	3	16		12	1	3	6	2	3
45—55	5	2 ^{1/2}	2	6		8	2/3	3	6	2	2
55—65	3	2	1 ^{1/2}	3		7	1/3	2	6	2	2
65—75	2	1	1	1		3	Sma 80 20 Schuss zu hoch	1	4	2	2
75—100	1 ^{1/2}	2/3	3/4	Sma 100		5		1	10	3	5
100—125	1	1/2	2/3			2		Sma 75 25 Schuss zu hoch	6	2	4
125—150	1	1/3	1/2						3	1	3
150—175	2/3	1/3	1/3						2	1	1
175—200	1/2	1/4	1/4						2	Sma 53 27 Schuss zu hoch	2/2
200—250	1/3	1/5	1/6						0	1/3	1/3
250—300	1/4	1/6	1/8						Sma 90 10 Schuss zu hoch	Sma 63 37 Schuss zu hoch	
300—350	1/6	1/8	1/12								
350—400	1/8	1/10	1/20								
450—500	1/10	1/12									

- a) Berechnung der Verluste einer 1000 Schr. entfernten Truppenlinie, wenn die Distanz bekannt ist.

Aus dieser Tabelle berechnet man zum Beispiel den wahrscheinlichen Verlust einer 1000 Schr. entfernten zweigliedrigen Infanterielinie bei genau bekannter Distanz und Normalstreuung in folgender Weise:

Die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Schuss 35 — 45 Schr. vor dem Gegner einfällt, beträgt nach Rubrik drei $\frac{16}{100}$; die mittlere Zahl Mannschaft, die ein solcher Schuss ausser Gefecht setzt, beträgt nach der zweiten Rubrik 8, folglich der wahrscheinliche Verlust des Gegners $\frac{16}{100} \cdot 8$. Alle in dieser Weise entstandenen Producte addirt, erhält man das Resultat:

$$\mathfrak{W} = \frac{2 \cdot 4 + 2 \cdot 4 + 6 \cdot 7 + 8 \cdot 9 + 10 \cdot 25 + 12 \cdot 25 + 8 \cdot 16 + 5 \cdot 6 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 1}{100}$$

$$\mathfrak{W} = \text{circa } 8.$$

Die Tabelle S. 166 ist in der oben angegebenen Weise berechnet.

- b) Berechnung der Verluste einer 1000 Schr. entfernten Truppenlinie durch einen 6 pfünder Granatkartätschschuss, wenn die Distanz unbekannt ist.

Durch Beobachtung des Schusses kann der Aufsatz nur sehr unvollkommen corrigirt werden. Man darf rechnen, dass Maximalfehler bis 30% der Distanz zu kurz und 10% zu weit sich dem Auge entziehen, womit die Gränzen für die Geschossaufschläge angedeutet sind. Hier ein Beispiel als Norm für die Behandlung derartiger Fragen.

Aus der Bemerkung über die Beobachtungsfehler des Schusses folgt, dass die Distanz von 1000 Schr. nach der Correctur zwischen 700 und 1100 Schr. geschätzt wird;

diess die Gränzen für die Geschossaufschläge. Bei den Maximalfehlern wird allerdings eine Anzahl Geschosse in Folge der Streuung noch ausserhalb der oben genannten Gränzen einfallen, worauf aber keine Rücksicht genommen werden soll. Die Länge des Bodenbildes beträgt demnach $1100 - 700 = 400$ Schr.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Geschoss z. B. 10 bis 15 Schr. vor dem Gegner einfällt, ist $= \frac{5}{400}$. Der wahrscheinliche Verlust des Gegners durch ein solches Geschoss nach obiger Tabelle 8, folglich der wahrscheinliche Verlust des Gegners $\frac{5}{400} \cdot 8 = \frac{1}{10}$.

Alle in dieser Weise entstandenen Producte addirt, und beachtet, dass der bestrichene Raum 56 Schr. beträgt, erhält man:

$$\begin{aligned} \mathfrak{B} = \frac{1}{400} (2 \cdot 56 + 2 \cdot 5 + 6 \cdot 5 + 8 \cdot 5 + 10 \cdot 10 + 8 \cdot 10 + 5 \cdot 10 + 3 \cdot 10 \\ + 2 \cdot 10 + 1\frac{1}{2} \cdot 25 + 1 \cdot 25 + 1 \cdot 25 + \frac{2}{3} \cdot 25 + \frac{1}{2} \cdot 25 + \frac{1}{3} \cdot 50 \\ + \frac{1}{4} \cdot 50) = 1,7. \end{aligned}$$

Das heisst 10 Schüsse setzen 17 Mann einer zweigliedrigen Infanterielinie ausser Gefecht.

In dieser Weise ist die Tabelle S. 166 berechnet.

- c) Berechnung der Verluste einer 1000 Schr. entfernten Truppenlinie durch einen 6 pfünder Granatkartätschuss, wenn gar nicht oder nur sehr mangelhaft gezielt wird.

Es ist wichtig, wenigstens annähernd beurtheilen zu können, welchen Effect man in diesem Fall von den verschiedenen Geschossen erwarten darf. Angenommen, die Geschossaufschläge vertheilen sich in Folge des schlechten Richtens zwischen 500 und 2000 Schr. Distanz vom Geschütz, streuen also auf eine Länge von 1500 Schr., so ergibt sich

der wahrscheinliche Verlust einer zweigliedrigen Infanterielinie durch einen Granatkartätschschuss analog dem vorigen Beispiel.

$$\mathfrak{B} = \frac{1}{1500} (2 \cdot 56 + 2 \cdot 5 + 6 \cdot 5 + 8 \cdot 5 + 10 \cdot 10 + 8 \cdot 10 + 5 \cdot 10 + \text{etc.}) = 0,49.$$

In der angegebenen Weise ist die folgende Tabelle berechnet.

- d) Verlust einer 1000 Schr. entfernten zweigliedrigen Infanterielinie durch einen Schuss. Der Streuungsmittelpunkt der Granaten liegt im Ziel, der der Granatkartätschen auf der Erde, 15 Schr. vor der Truppenlinie.

	Genau bekannte Distanz				Unbekannte Distanz	Nicht gezielter Schuss
	Ohne Streuung	Normal-Streuung	Doppelte Normal-streuung	4 fache Normal-streuung		
6 pfünder Granatkartätsche	10	8	5,3	3,3	1,3	0,37
6 pfünder Granate	2	1,9	2	1,6	0,86	0,22
4 pfünder Granate	2	2,1	1,9	1,5	0,79	0,21

Eine Schützenlinie steht in der Regel 4 mal weniger dicht, als die zweigliedrige Infanterielinie, die Verluste reduciren sich desshalb in diesem Fall bei allen Rubriken der obigen Tabelle auf den 4. Theil.

Bei einer Geschützlinie mit Zwischenräumen von 20 Schr., wenn Protzen und zweite Linie nicht in Rechnung gezogen werden, stehen circa 8 Mann auf 20 Schr. Frontlänge, also 5 mal weniger, als bei der zweigliedrigen Infanterielinie. Die Verluste derselben betragen desshalb $\frac{1}{5}$ der Zahlen, die

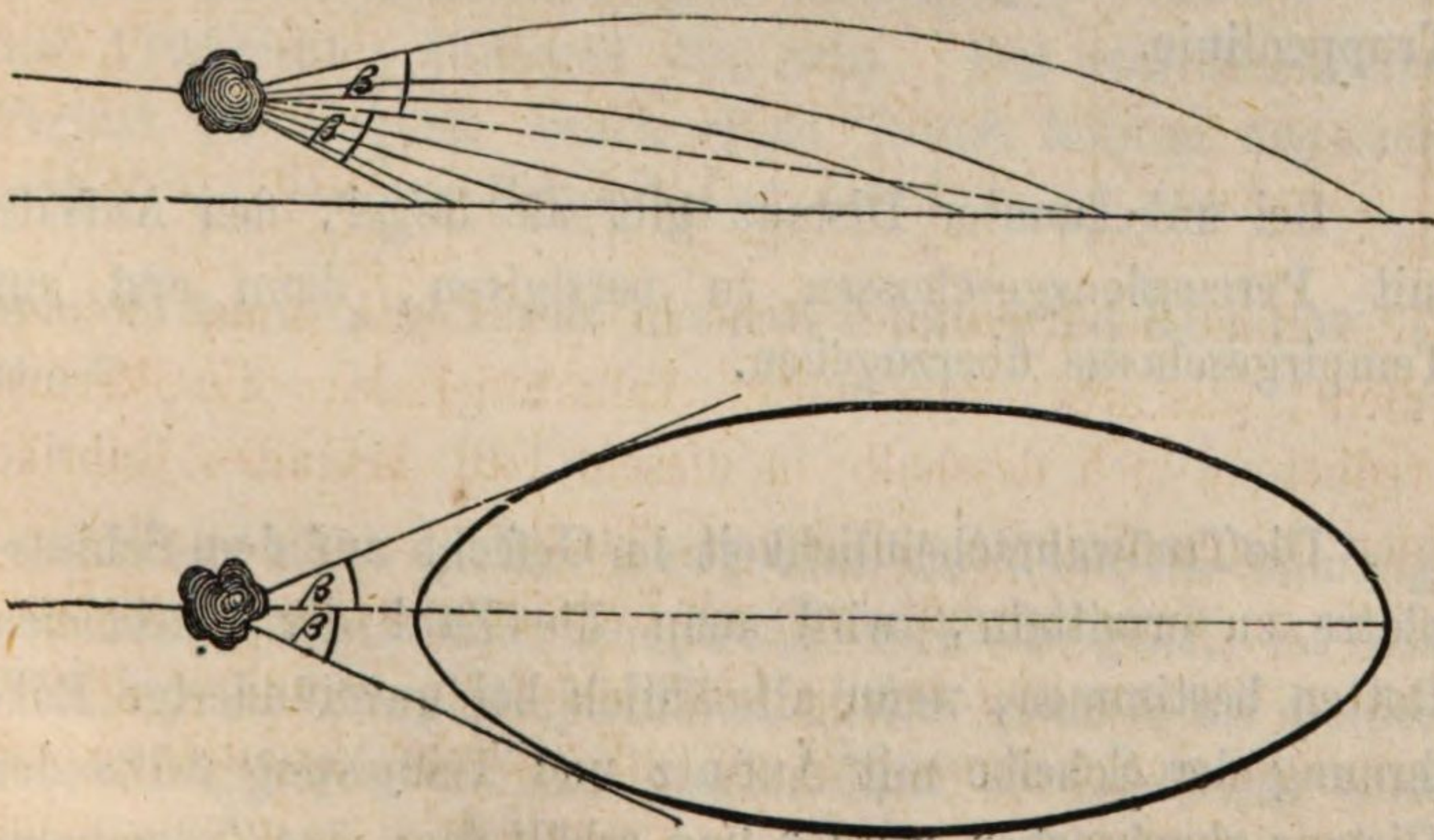
in obiger Tabelle angegeben sind. Diese Schlussfolgerung kann jedoch nur bei grösseren, den Gefechtsverhältnissen entsprechenden Streuungen Anwendung finden, denn bei kleinen Streuungen concentriren sich die Garben auf die einzelnen Zielgeschütze und die Trefferzahl wird grösser.

Eine liegende Schützenlinie bietet nur den 16. Theil der Trefffläche, wie eine zweigliedrige Infanterielinie. In demselben Verhältnisse vermindert sich die Trefferzahl.

2) Das Tempirgeschoss.

Die Fortsetzung der Geschossbahn ist annähernd die Axe der Garbe. Die untere Hälfte der Sprengstücke und der Einlage fällt steiler, die obere zum Theil flacher ein; der bestrichene Raum der einzelnen Theile darf durchschnittlich als doppelt so gross, im Vergleich zu den Ge-

Fig. XXXV.



schosstheilen des Percussionsprojectils, angenommen werden. Das Bodenbild hat eine ellipsenähnliche Form und ist in der Mitte weniger dicht. Der Masse nach vertheilen sich Sprengstücke und Einlage in folgender Weise: Die eine Hälfte liegt über, die andere unter der fortgesetzten Flugbahn, die eine rechts, die andere links der Flugbahnebene.

Zur näheren Untersuchung dieser Projectile braucht man eine 200 Schr. breite, 1,7 m. hohe Scheibe in Rechtecke einer Rottenbreite entsprechend eingetheilt. Die Form der Garbe lässt die meisten Treffer erwarten, wenn die Verlängerung der Geschossbahn die feindliche Truppenlinie trifft. Kleine Schwankungen der Bahnlinie in Folge der Streuung werden darauf keinen wesentlichen Einfluss äussern. Die vortheilhafteste Entfernung des Sprengpunktes vom Ziel ist auf alle Distanzen nahezu gleich, und wird durch Versuche ermittelt, wobei die Zahl der getroffenen Rotten entscheidet. Auf diese Weise findet man auch die Verluste einer auf genau bekannte Distanz gegenüberstehenden Truppenlinie.

Bei unbekannter Distanz gilt als Regel, den Aufsatz mit Percussionsgeschossen zu corrigiren, dann erst auf Tempirgeschosse überzugehen.

Die Treffwahrscheinlichkeit im Gefecht auf dem Schiessplatze zu ermitteln, wird man die Zahl der getroffenen Rotten bestimmen, wenn allmählich bei unveränderter Entfernung der Scheibe mit Aufsatz und Tempirung 30% der Distanz abgebrochen werden und erhält dann eine Zusammenstellung wie die folgende:

6 pfünder Granatkartätsche mit 90 Bleikugeln Einlage.
Entfernung der Scheibe vom Geschütz 1000 Schr.

Aufsatz und Tempirung für folgende Entfernungen gestellt	Mittlere Zahl der getroffenen Rotten
1000 Schr.	10
950 „	5
900 „	3 1/2
850 „	2
800 „	1 1/2
750 „	1
700 „	1/2
650 „	—
600 „	—

Die Fehlergränzen in der Correctur des Schusses liegen, wie aus früheren Bemerkungen hervorgeht, zwischen 700 und 1100 Schr.; Differenz 400 Schr. Der wahrscheinliche Verlust des Gegners durch einen Schuss beträgt demnach analog den vorigen Beispielen:

$$\mathfrak{W} = \frac{1}{400} (50 \cdot 10 + 50 \cdot 5 + 50 \cdot 3\frac{1}{2} + 50 \cdot 2 + 50 \cdot 1\frac{1}{2} + 50 \cdot 1 + 50 \cdot \frac{1}{2})$$

$$\mathfrak{W} = 3.$$

Wenn nicht gezielt wird, also die Uebereinstimmung zwischen Aufsatz und Tempirung verloren geht, ist die Wirkung des Tempirprojectils nicht viel grösser, als die des Percussionsprojectils. Ein grosser Theil der Geschosse wird erst nach dem Aufschlag explodiren, viele werden ganz blind gehen etc.

Resultat: Verluste einer 1000 Schr. entfernten zweigliedrigen Infanterielinie durch 6 pfünder Tempirgranatkartätschen.

Bekannte Distanz	Unbekannte Distanz	Nicht gezielter Schuss
10	3	circa 0,5

3. Vergleich des Percussions- mit dem Tempirzünder.

Vorteile des Percussionsprojectils :

- 1) Einfachheit der Handhabung,
- 2) Sicherheit der Wirkung,
- 3) Einfachheit des Mechanismus.

Vorteile des Tempirprojectils :

- 1) Unabhängigkeit vom Terrain,
- 2) Flacher Einfallwinkel der Geschosstheile,
- 3) Grössere Endgeschwindigkeit der Garbe, in Folge dessen kleinere und mehr Bleikugeln eingelegt werden können.

Die Anforderungen, welche an einen Tempirzünder gestellt werden müssen, sind folgende:

- 1) Sicherheit und Gleichmässigkeit der Wirkung,
- 2) gefahrlos und einfach bei der Handhabung,
- 3) zugleich Percussionszünder,
- 4) Unveränderlichkeit in der Dauer von wenigstens 2 Jahren,
- 5) Unempfindlichkeit gegen den Transport.

C. Bemerkungen über einige Faktoren, von welchen zum Theil Streuung und Schussicherheit abhängig sind.

Ob man einen Distanzemesser anwendet oder sich einschiesst, immer ist ein kleiner Streuungskreis sehr wichtig, der in erster Linie von einer genauen Richtung und gleichmässiger Behandlung der Seele abhängig. Man erhält in letztgenannter Beziehung die besten Resultate, wenn die Seele mit dem angefeuchteten Wischer der ganzen Länge nach blank erhalten wird, wobei sich aber kein Wasser in der Kammer ansammeln darf.

Ausserdem sind folgende Faktoren zu beachten:

a) Höhenstreuung und Aufsatz sind abhängig

1. Von den Pulverladungen.

Diese sollen nicht nur von genau gleichem Gewicht, sondern auch für eine ganze Batterie derselben Lieferung entnommen sein. Zeigt sich dann eine Differenz mit dem Normalaufsatz, so läuft diese proportional durch die ganze Schusstafel.

Man findet z. B. in einer Batterie gezogener 6 pfünder den Aufsatz für 1000 Schr. zu $2^{10/16}$ statt $2^{13/16}$ (nach der Schiesstafel), so beträgt derselbe für 1500 Schr. $4\frac{2\frac{1}{2}}{16}$ statt $4\frac{7}{16}$, für 2000 Schr. $5\frac{13}{16}$ statt $6\frac{3}{16}$ (Schiessstafel) etc. (Gesetz Seite 100).

Verlangt ein einzelnes Geschütz einen anderen Aufsatz, wie die übrigen, z. B. $2^{11/16}$ statt $2^{10/16}$ auf 1000 Schr., so liegt die Ursache meistens im Anvisiren bei dem betreffenden Richtmeister, oder auch in einer unrichtigen Stellung von Visir und Korn an dem betreffenden Rohr. In beiden Fällen läuft die Differenz in gleicher Grösse durch alle Distanzen. Der Aufsatz für das letztgenannte Geschütz würde demnach für 1500 Schr. $4\frac{3\frac{1}{2}}{16}$, für 2000 Schr. $5\frac{14}{16}$ betragen.

2. Vom Geschossgewicht.

Bei den schweren Artilleriegeschossen darf man annehmen, dass der Aufsatz dem Geschossgewicht proportional (Regel Seite 102).

Eine Batterie hat z. B. bei Normalgeschossen die obigen Aufsätze in Anwendung gebracht. Welcher Aufsatz wird einer Entfernung von 1000 Schr. entsprechen, wenn statt Normalgeschossen von 6,9 K. andere von 7 K. genommen werden?

$$6,9 : 7 = 2^{10/16} : X$$

$$X = 2^{11/16}.$$

Die Geschosse einer Batterie sollen nicht nur von gleichem Gewichte sein, sondern auch in demselben Model den Bleiumguss erhalten.

3. Von der Temperatur.

Bei höherer Temperatur werden, in Folge grösserer Anfangsgeschwindigkeiten, alle Aufsätze in gleichem Verhältnisse kleiner (Regel Seite 100). Hat man z. B. die obigen Beobachtungen bei einer Temperatur von 15^0 gemacht und erhält unter sonst gleichen Verhältnissen bei einer Temperatur von 20^0 für 1500 Schr. den Aufsatz $4^{1/32}$ statt $4^{2\frac{1}{2}/16}$, so läuft diese Differenz proportional durch die ganze Schiesstafel.

	15^0 Temperatur	20^0 Temperatur
1000 Schr.	$2^{10/16}$	$2^{9/16}$
1500 „	$4^{2\frac{1}{2}/16}$	$4^{1/2/16}$
2000 „	$5^{13/16}$	$5^{11/16}$

Vielleicht ist diese Aufsatzveränderung proportional der Temperatur; dann hätte man in dem vorigen Beispiel bei 0^0 auf alle Distanzen Normalaufsatz. Wahrscheinlicher scheint mir, dass nicht die Temperatur das entscheidende, sondern der verschiedene Feuchtigkeitsgehalt des Pulvers, so dass diese Differenzen durch eine sorgfältige Verpackung

wenigstens bedeutend reducirt werden können. Gelegentliche Versuche in dieser Richtung wären von Interesse.

4. Vom Barometerstand.

Obgleich der Luftwiderstand dem Barometerstand proportional, ist doch der Einfluss auf die schweren Artillerieschosse nur bei grossen Verschiedenheiten, nicht bei gewöhnlichen Schwankungen, von bemerkbarem Einfluss.

Beispiel.

Gezogener Gusstahl - 6 pfünder:

Distanz in Schritten	Aufsatz bei parabolischer Bahn	Differenz zwischen den beiden neben- stehenden Aufsätzen, veranlasst durch den Luftwiderstand	Aufsatz bei dem Barometerstand von 75,8 cm.
1000	$2 \frac{10}{16}$	$\frac{3}{16}$	$2 \frac{13}{16}$
1500	$3 \frac{15}{16}$	$\frac{8}{96}$	$4 \frac{7}{16}$
2000	$5 \frac{4}{16}$	$\frac{15}{16}$	$6 \frac{3}{16}$

Die Differenzen $\frac{3}{16}$, $\frac{8}{16}$, $\frac{15}{16}$ sind in allen Fällen beinahe ganz genau dem Barometerstand proportional. Bei einem anderen Barometerstand, z. B. von 72,8 cm., erhält man demnach die entsprechende Differenz durch folgendes Verhältniss:

$$75,8 : 72,8 = \frac{15}{16} : y$$

$$y = \frac{14,4}{16}.$$

Also der Aufsatz für 2000 Schr. bei 72,8 cm. Barometerstand $= 5 \frac{4}{16} + \frac{14,4}{16} = 6 \frac{2,4}{16}$ (statt $6 \frac{3}{16}$ bei 75,8 cm. Barometerstand).

Diess Beispiel zeigt, dass selbst auf 2000 Schr. eine Barometerstanddifferenz von 3 cm. den Aufsatz wenig mehr als $\frac{1}{32}$ verändert, circa $\frac{2}{3}$ m. Hochschuss und ebensoviel Tiefschuss bei höherem Stand veranlasst.

5. Vom Winde.

Luftströmung in der Richtung des Schusses vermindert, von gleicher Stärke in entgegengesetzter Richtung vermehrt nahezu ebensoviel den nöthigen Aufsatz, doch kann dieser Einfluss in der Regel ausser Acht gelassen werden.

Ein Beispiel, diese Behauptung zu begründen:

Es soll die nöthige Aufsatzvermehrung für die 6 pfünder Granate auf 2000 Schr. = 1500 m. bei Gegenwind von 4 cm. Geschwindigkeit berechnet werden.

Anfangsgeschw. 331 m., Endgeschw. bei Windstille 256,1 m.

Aufsatz für 2000 Schr. = 1500 m., $6\frac{3}{16}''$.

Der Luftwiderstand bei einem Gegenwind von 4 m. wird genau so gross sein, als wenn das Projectil mit $(331 + 4)m = 335$ m. Anfangsgeschwindigkeit das Rohr verliesse. Diesen Fall angenommen, erhält man die entsprechende Endgeschwindigkeit aus der Proportion:

$$331 : 335 = 256,1 : V_x$$

$$V_x = 259,2.$$

Seite 75.

Die verlorene lebendige Kraft muss gleich der Arbeit des Luftwiderstandes sein (Seite 36).

$$\psi \cdot 1500 = \frac{6,9 \cdot 335^2}{2 \cdot 9,81} - \frac{6,9 \cdot 259^2}{2 \cdot 9,81}$$

ψ mittlere Kraft des Luftwiderstandes;
1500 m. die Wegstrecke, auf welche diese Kraft wirkt;
6,9 K. Geschossgewicht.

Genau den gleichen Verlust an lebendiger Kraft wird das Projectil bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 331 m. und 4 m. Gegenwind erleiden.

$$\frac{6,9 \cdot 331^2}{2 \cdot 9,81} - \psi \cdot 1500 = \frac{6,9 V_y^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$V_y^2 = 331^2 - (335^2 - 259,2^2) = 254^2 \text{ m.}$$

Resultat: Endgeschw. der 6 pfünder Gr. auf 2000 Schr.
bei 331 m. Anfangsgeschw.

Windstille
256,1 m.

Gegenwind von 4 m. Geschw.
254 m.

Man erhält das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeiten ziemlich genau durch das Mittel aus den Anfangs- und Endgeschwindigkeiten.

Mittlere Geschwindigkeit bei
Windstille

$$\frac{331 + 256,1}{2} = 293,5$$

Mittlere Geschwindigkeit bei
Gegenwind von 4 m. Geschw.

$$\frac{331 + 254}{2} = 292,5$$

Da sich nach Seite 76 die Aufsätze und Elevationswinkel verkehrt wie die Quadrate der mittleren Geschwindigkeiten verhalten:

$$293,5^2 : 292,5^2 = A : 6^{3/16}$$

$$A = 6^{3,8/16}$$

A der gesuchte Aufsatz.

Die entsprechende Aufsatzdifferenz beträgt demnach nicht ganz $1/16''$.

Analog findet man bei 10 m. Geschwindigkeit des Gegenwindes die Endgeschwindigkeit des Projectils = 251 m. und den entsprechenden Aufsatz $6^{4,7/16}$. Die Differenz mit dem Normalaufsatz beträgt $1,7/16''$.

b) Die Breitenstreuung und die Seitenverschiebung ist abhängig:

1. Von der Art und Weise, das Geschütz abzufeuern.

Die französische Methode, die Reibzündröhrchen abziehen, alterirt, von allen mir bekannten, die Seitenrichtung am wenigsten. Die Abziehschnur wird mit der linken Hand gespannt, und mit der rechten eine bewegliche Kurbel rasch zurückgestossen.

2. Vom Winde.

Seitenwind veranlasst bedeutende, der Distanz proportionale, Differenzen in der nöthigen Seitenverschiebung. Diese beträgt z. B. bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4—5 m. auf 1000 Schr. Zielentfernung circa $\frac{2}{16}''$, auf 1500 Schr. $\frac{3}{16}''$, auf 2000 Schr. $\frac{4}{16}''$ etc. Die Ursache ist, dass die ablenkende Kraft des Windes als eine constante angesehen werden kann, in Folge dessen die Horizontalprojection der Flugbahn eine Parabel nach der entgegengesetzten Seite.

Genannte Ablenkung ist dem Quadrate der Windgeschwindigkeit, oder gleichbedeutend der Stärke des Windes proportional.

3. Von der Visireinrichtung:

Zeigt ein einzelnes Geschütz, abweichend von den übrigen, eine Differenz in der nöthigen Seitenverschiebung, so ist ein Dimensionsfehler an der Visireinrichtung die Ursache, und ist die genannte Differenz unter allen Verhältnissen gleich gross.

In Bezug auf das Einschiessen gegen kleine Ziele mag hier noch die praktische Regel beigefügt werden, zuerst die Seitenrichtung zu corrigiren, ehe man am Aufsatz ändert, sonst wird man durch seitwärts einfallende Schüsse irre geführt.

Anmerkung: Obige Erörterungen beweisen, dass zahlreiche Faktoren in Rücksicht genommen werden müssen, das Maximum der Schussicherheit zu erreichen. Wer sie am vollständigsten übersieht, wird das Meiste leisten.

D. Gesetze.

Verluste des Gegners in Linienstellung durch
die Garbe der Artilleriegeschosse.

- 1) *Die Verluste sind verkehrt proportional der Dichte der Linienstellung*

- 2) *Eine dammartige Deckung, vorausgesetzt, dass sie nicht aus Schotter besteht, vermindert die Verluste in demselben Verhältnisse, wie die Zielfläche.*

Durch Aufstellung der Linie in einer vereinzelter Terrainsenkung, deren Böschung nicht steiler, als der Einfallwinkel der Geschosse, werden die Verluste bei Tempirgeschossen gar nicht, bei Percussionsgeschossen nur unbedeutend vermindert.

Dagegen wird die Wirkung der Percussionsgeschosse durch welliges Terrain, wie man es häufig findet, bedeutend reducirt. Die Geschosse schlagen natürlich zahlreicher auf den vorderen Böschungen der Wellen ein, als auf den rückwärtigen. Der Gellwinkel ist dann noch grösser als der Gellwinkel auf horizontalem Terrain plus dem Böschungswinkel der Welle, der Verlust an Geschwindigkeit, ebenso der Garbenwinkel, wird grösser, der bestrichene Raum der einzelnen Geschosstheile kleiner.

- 3) *Der wesentlichste Vortheil des Tempirprojectils besteht in seiner Unabhängigkeit vom Terrain. Ausserdem ist seine Garbe regelmässiger, der Einfallwinkel der Geschosstheile kleiner, als bei dem Percussionsgeschoss.*

Aus diesen Gründen darf seine Wirkung doppelt so gross, als die des letztgenannten Projectils angenommen werden. Dabei sind allerdings die Nachtheile des complicirten Mechanismus nicht zu vergessen.

Wenn nicht gezielt wird, geht die Ueberlegenheit des Tempirprojectils zum grossen Theil verloren.

- 4) *Die Verluste des Gegners sind annähernd verkehrt proportional dem Quadrate der Distanz, verhalten sich also auf 2000, 1500, 1000 und 700 Schr. wie 1 : 2 : 4 : 8.*

Begründung: Streuung und Correcturfehler einerseits, Einfallwinkel der Geschosstheile anderseits, sind annähernd der Distanz proportional.

Es kann keine dringendere Mahnung geben, die Munition nicht auf grosse Distanzen zu vergeuden. Wer sie missachtet, vernachlässigt die erste und wichtigste Regel des Kampfes, immer eine Entscheidung zu suchen.

- 5) *Man kann annähernd rechnen, dass die Verluste des Gegners in den drei Fällen:*

1. *Nicht gezielter Schuss,*
2. *Gezielter Schuss, die Distanz unbekannt, aber durch Percussionsgeschosse corrigirt.*
3. *Gezielter Schuss, die Distanz bekannt, doppelte Normalstreuung*

sich wie 1 : 3 : 9 verhalten.

Das erste Verhältniss deutet gewissermassen den Einfluss der Qualität der Truppe auf ihre Leistung an, im wesent-

lichen abhängig von angeborenen Eigenschaften, der Ruhe und Geistesgegenwart in der Gefahr.

Das zweite Verhältniss bezeichnet den Unterschied in der Wirkung des Feuers, wenn man die Zieldistanz genau kennt, oder, im Gegensatz dazu, auf das unsichere Einschossen angewiesen ist.

Durch Anwendung eines genauen Distanzmessers kann man demnach die Verluste des Gegners verdreifachen.

IV. Capitel.

Ueber die Mittel, die Wirkung der Geschütze zu erhöhen, insoferne dieselbe von der Geschoss- und Verschlussconstruction abhängig.

Sprechen wir zunächst von den unmittelbar gebotenen Mitteln, das Material zu vereinfachen und die Wirkung der Geschütze zu erhöhen. Den zahlreichen Ballast der Batteriereserve nicht beachtend, gehen wir gleich auf die Ausrüstung der Geschütze über. Der Libellenquadrant ist bei Feldgeschützen gänzlich werthlos, wird im Ernstfall ebenso wenig, als die Wurfladungen, Anwendung finden. Das sind reine Schreibtischcombinationen, welchen jede praktische Bedeutung abgesprochen werden muss.

Der Aufsatz soll für die Distanzen eingetheilt sein. Eine Maasstabeintheilung allein, zu deren Anwendung immer die Schiesstafel nöthig, ist complicirt, ohne irgend einen Vortheil zu bieten.

Ferner soll sich der Aufsatz am Geschütz so feststellen lassen, dass man ihn beim Schuss stehen lassen kann. Die technische Ausführung bietet keine nennenswerthen Schwierig-

keiten und die Bedienung des Geschützes wird dadurch bedeutend vereinfacht.

Da im Gefecht beinahe immer gegen Truppenlinien geschossen wird, in diesem Fall die Granatkartätsche weit wirksamer, ist es vortheilhaft, in der Regel dieses Projectil, die Granate, nur zum Einschiessen zu verwenden. Die Ausrüstung mit diesen beiden Geschossen im Verhältniss wie 3 : 2 würde die Wirkung der Geschütze verdoppeln.

Nicht unwichtig ist ferner gleiches Gewicht der Granate und Granatkartätsche. Die Anwendung des Aufsatzes zu erleichtern, ist in neuester Zeit wiederholt die Frage erörtert worden, ob nicht ein Kaliber für die Feldartillerie genüge. Wenn der Verfasser die Gründe angeben sollte, welche nöthigten, ausser den 6 pfündern auch 4 pfünder einzustellen, er wäre in grosser Verlegenheit; im Gegentheil, eine Artillerie mit ebenso viel Geschützen, aber nur 6 pfündern, wird mehr leisten. Abgesehen von der jetzigen geringen Leistung der 4 pfünder Granaten, ist dieses Projectil auch viel weniger der Entwicklung fähig, die bei allen Artilleriegeschossen auf der Einlage ruht.

Die Ueberlegenheit des Projectils mit Tempirzünder ist schon Seite 178 erörtert worden.

Ein anderes Princip, die Geschosswirkung zu erhöhen, darf nicht unerwähnt bleiben. Die Granate und Granatkartätsche nach preussischem Muster entsprechen ihrem Gewichte nach 414 Bleikugeln à $\frac{1}{60}$ K. Da letzteres Geschoss jetzt nur in 120 Bleikugeln mit 30 Sprengstücken zerfällt, die Wirkung, bei gleich schweren Bleikugeln als Einlage und gleichen Einfallwinkeln, nahezu der Zahl derselben proportional, darf wohl die Möglichkeit bedeutender Verbesserungen behauptet werden. Die Erfahrung lehrt, dass die jetzige 6 pfünder Kartätschbüchse mit sehr kurzer Führung den Zügen folgt und manchmal nicht zerreist,

woraus hervorgeht, dass eine weit kürzere Führung, als die der Granatkartätsche genügt, und ganz schwaches Blech die Kugeln zusammenzuhalten im Stande ist. Auf diesem Wege könnte ein gleich schweres Geschoss mit einer Einlage von wenigstens 300 ähnlichen Bleikugeln hergestellt werden. Die Wirkung der Granatkartätsche wäre damit beinahe verdoppelt.

Bemerkenswerth ist noch folgendes: Das Princip der Spiegelführung (Seite 105) ist auch auf Geschütze anwendbar und würde, wegen seiner Leichtigkeit, bei dem eben besprochenen Projectil grosse Vorthelle bieten. Anderseits zeigt es die Möglichkeit, mit einem vergleichsweise kleinen Kaliber, z. B. dem 12 pfünder, die stärksten Panzer zu durchbohren.

Als allgemeine Regel ist noch hervorzuheben, dass der Werth jeder Feuerwaffe proportional ihrer Wirkung in einer vergleichsweise kurzen Zeit, weil die entscheidenden Gefechtsmomente rasch verlaufen. Diese ist proportional der Feuergeschwindigkeit, welche die Waffe erlaubt. Ein wichtiger Grundsatz bei Beurtheilung des Verschlussmechanismus. Die Steigerung der Feuergeschwindigkeit hat jedoch bei der grossen Feuerwaffe eine naheliegende Gränze, weil das Zielen bei den einzelnen Schüssen die meiste Zeit in Anspruch nimmt.

Abschnitt VI.

Die Repetirkanonen.

Mehrere von rückwärts zu ladende Läufe von kleinem Kaliber sind so eingerichtet, dass sie in rascher Folge geladen und abgefeuert werden können. Das Geschütz bleibt dabei in seiner Richtung, weil der Widerstand desselben auf der Erde grösser, als die wirkende Kraft.

Die Patrone ist Einheitspatrone mit Kupferhülse, meistens mit centraler Zündung.

Bei den Gatling-Geschützen drehen sich 6 oder 10 Läufe, jeder mit einem eigenen Schloss um eine gemeinschaftliche Axe. Durch die Bewegung einer Kurbel wird Laden, Abfeuern und Auswerfen der Hülsen bewirkt, wozu 2 Mann erforderlich. Das kleine Kaliber hat 14,7, das grössere 25,4 mm. Durchmesser. Die Schussgeschwindigkeit des ersteren kann bis 150, des letzteren bis 70 Schuss in der Minute gesteigert werden. Die Seitenrichtung kann man im Feuer fortwährend verändern.

Elevationswinkel der kleinen Gatlingkanonen:

Entfernung in Schritten	Elevation in Graden
100	$\frac{3}{16}$
200	$\frac{7}{16}$
300	$1\frac{1}{16}$
400	$1\frac{5}{16}$
500	$1\frac{4}{16}$
600	$1\frac{9}{16}$
700	$1\frac{14}{16}$

Entfernung in Schritten	Elevation in Graden
800	$2\frac{3}{16}$
900	$2\frac{8}{16}$
1000	$2\frac{13}{16}$
1100	$3\frac{3}{16}$
1200	$3\frac{8}{16}$
1300	$3\frac{14}{16}$
1400	$4\frac{4}{16}$

Die französische Repetirkanone enthält 25 Bohrungen von 11 mm. Durchmesser in einem feststehenden Lauf. Sämmtliche 25 Bohrungen werden gleichzeitig geladen und können in beliebig rascher Folge abgefeuert werden. Nach Beobachtungen im Gefecht beträgt die Feuergeschwindigkeit nur 3 Lagen, also 75 Schuss in der Minute. Das ältere sehr schwerfällige Modell, jedoch mit bedeutender Tragweite (2000 m.), ist äusserlich dem 12 pfünder, ein neueres dem 4 pfünder ähnlich.

Trotz der Mangelhaftigkeit dieses Instrumentes, ist nur der fehlerhaften Anwendung zu verdanken, dass wir durch dasselbe nicht viel mehr Verluste erlitten haben. Ein Repetirgeschütz muss mit Hülfe der Richtmaschine gegen eine Truppenlinie immer horizontal, gegen ein schmales aber tiefes Ziel (Colonne, Geschütz) vertikal streuen, damit die Garbe eine dem Ziel entsprechende Form erhält, eine Regel, die um so wichtiger und einflussreicher, je schöner ausserdem die Geschosse beisammen bleiben. Das haben unsere Gegner nie gethan, und damit die wichtigste Bedingung seiner Wirkung ausser Acht gelassen.

Das Repetirgeschütz von Veltl hat 4 parallel neben einander festliegende, von einander unabhängige Läufe. Die Feuergeschwindigkeit kann auf 400 Schüsse in der Minute gesteigert werden. Die Patrone ist dieselbe, wie für das Werdergewehr, desshalb die Tragweite gering (1400 Schr., also kleiner als die der Chassepotbüchse). Dadurch ist die

Wirkung dieser Waffe sehr beschränkt, was aber natürlich dem sinnreichen Mechanismus nicht zur Last gelegt werden kann. Die Waffe wurde in diesem Feldzuge nur ein paarmal angewendet, wobei sich bedeutende, wenn auch leicht zu beseitigende, Mängel gezeigt haben.

I. Capitel.

Wahrscheinlichkeit des Treffens mit dem Repetirgeschütz; Verluste des Gegners.

Alle Gesetze für den directen Schuss der grossen Feuerwaffe Seite 154 finden hier Anwendung und sollen hier nur die Formeln wiederholt werden, in der Absicht, einige Beispiele durchführen zu können.

a. Genau bekannte Distanz.

Die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen:

$$W = \frac{1}{4} \frac{F}{B \cdot H}$$

F die Fläche, welche das Ziel darbietet;

$B \cdot H$ das Streuungsrechteck analog Seite 118;

W die Treffwahrscheinlichkeit, nach Seite 121, $= \frac{z_1}{z}$, wenn z_1 die Trefferzahl bei einer Anzahl von z Schüssen.

Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen:

$$W = \frac{1}{2} \frac{h}{H}$$

h ungedeckte Höhe der Truppenlinie, Bedeutung analog S. 125.

Wahrscheinlichkeit, eine Colonne zu treffen:

$$W = \frac{1}{2} \frac{h + X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)}{H}$$

Dieselbe Formel wie Seite 156.

Beispiel.

- 1) Drei Repetirgeschütze feuern 2 Minuten, jedes Geschütz in der Minute 100 Schuss, gegen eine freistehende zweigliedrige Infanterielinie, deren Distanz 100 Schr. genau bekannt. Wie gross ist der Verlust des Gegners.

$h = 1,7$ (Höhe des Infanteristen),

H betrage mit Rücksicht auf den Ernstfall 3 m.

$$W = \frac{1}{2} \frac{1,7}{3} = \frac{1}{3,5},$$

also von $2 \cdot 3 \cdot 100 = 600$ Schuss, $\frac{1}{3,5} \cdot 600 = 171$ Treffer.

- 2) Die Linie zur Hälfte durch einen Damm gedeckt, betragen die Verluste $\frac{1}{2} \cdot 171 = 85$.
 3) Die Linie ungedeckt auf der Erde liegend, betragen die Verluste $\frac{1}{4} \cdot 171 = 43$.

Die Linie steht hinter einer Terrainwelle, so dass nur die Kopfbedeckung sichtbar, aber die Böschung der Welle beträgt nur 3° , ist kleiner als der Einfallswinkel der Geschosse.

Die Verluste bleiben ebenso gross, wie wenn die Linie ganz frei stünde (171 Mann).

- 4) Eine Tirailleurlinie steht gegenüber (4 mal weniger Mannschaft auf derselben Frontlänge, als bei der 2 gliedrigen Infanterielinie). Verlust $\frac{1}{4} \cdot 171 = 43$.
 5) Diese Tirailleurlinie liegt auf der Erde, Verlust $\frac{1}{4} \cdot 43 = 11$.
 6) Ein Repetirgeschütz feuert auf dieselbe Distanz (1000 Schr.) 100 Schuss in der Minute gegen einen gezogenen 6 pfünder. Das Geschütz zu demontieren ist natürlich unmöglich, aber die 8 Mann Bedienung bieten (ungerechnet die Pferde und Fahrkanoniere) ein Ziel von $8 \cdot 0,5 = 4$ □m. Das Streuungsrechteck mit Rücksicht auf den Ernstfall zu 9 □m. angenommen, ergibt sich:

$$H = 3, B = 3$$

$$H \cdot B = 9 \text{ □m.}$$

$$W = \frac{1}{4} \frac{4}{9} = \frac{1}{9},$$

also der Verlust in einer halben Minute $= \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot \frac{1}{9} = 5$ Mann.

- 7) Gegen eine Colonne von 30 — 40 Schr. Länge hat man beinahe Gewissheit des Treffens. Sie würde durch ein Repetirgeschütz in 1 Minute wenigstens 60 — 80 Mann Verlust erleiden.

b. Unbekannte Distanz.

Die Bezeichnungen analog Seite 118 u. 127.

Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen:

$$W = \frac{1}{4} \frac{F}{B[H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)]}$$

Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen:

$$W = \frac{1}{2} \frac{h}{H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Wahrscheinlichkeit, eine Colonne zu treffen:

$$W = \frac{1}{2} \frac{h + X \operatorname{Tg}(\beta_2 - \beta_1)}{H + \frac{1}{2} X \operatorname{Tg}(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Wenn die Zielentfernung geschätzt und eine weitere Correctur nicht angenommen wird, bedeutet α_2 den Elevationswinkel für eine 40% grössere, α_1 den für eine 40% kleinere Distanz, analog Seite 126.

Wendet man einen Distanzemesser an, so bedeutet α_2 und α_1 die Elevationswinkel, den Maximalfehlern entsprechend.

Beispiele.

- 1) Ein Repetirgeschütz schießt auf 1000 Schr. = 750 m. Distanz gegen die 8 Mann Bedienung eines gezogenen 6 pfünders, 100 Schüsse in der Minute. Die Entfernung wird geschätzt. Zielfläche $8 \cdot 0,5 = 4 \square \text{m.}$

Gränzen der Fehler im Schätzen der Entfernung:

$$X + \frac{4}{10} X = 1000 + 400 = 1400$$

$$X - \frac{4}{10} X = 1000 - 400 = 600$$

Der Elevationswinkel für 1400, $\alpha_2 = 4\frac{4}{16}^\circ$

„ „ „ 600, $\alpha_1 = 1\frac{9}{16}^\circ$

$$W = \frac{1}{4} \frac{4}{3 [3 + \frac{1}{2} 750 \operatorname{Tg}(4\frac{4}{16} - 1\frac{9}{16})]} = 6\frac{1}{2}$$

Ohngefähr ein 7 mal kleinerer Effect, als bei bekannter Distanz.

Das Geschütz wird also in einer Minute beinahe 2 Mann verlieren.

- 2) Man hat in obigem Fall einen Distanzemesser in Anwendung gebracht, der die Entfernung mit einem Maximalfehler von 5% anzeigt.

$$\begin{aligned} \text{Elevationswinkel auf 1050 Schr.} &= \alpha_2 = 3^0; \\ \text{„ „ 950 Schr.} &= \alpha_1 = 2^{10/16}^0 \end{aligned}$$

$$W = \frac{4}{4 \cdot 3[3 + \frac{1}{2} 750 \operatorname{Tg}(3 - 2^{10/16})]}$$

$$W = \frac{1}{16}$$

Der Verlust des Gegners ist 4 mal grösser, als wenn die Distanz nur geschätzt wird, und in einer Minute ist beinahe die ganze Bedienung des 6pfünders ausser Gefecht gesetzt.

- 3) Ein Repetirgeschütz feuert gegen eine 1000 Schr. = 750 m. entfernte zweigliedrige Infanterielinie. Feuergeschwindigkeit 100 Sch. in der Minute. Die Entfernung wird geschätzt.

$$\begin{aligned} \text{Elevationswinkel auf 1400 Schr.} &= \alpha_2 = 4^{4/16} \\ \text{„ „ 600 Schr.} &= \alpha_1 = 1^{9/16} \end{aligned}$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{1,7}{3 + \frac{1}{2} 750 \operatorname{Tg}(4^{4/16} - 1^{9/16})} = \frac{1}{25}$$

Der Gegner verliert in der Minute 4 Mann. Die Wirkung ist 7 mal kleiner, als bei bekannter Distanz.

- 4) In dem vorigen Beispiel ist die Entfernung mit einem Distanzemesser, dessen Maximalfehler 5% betragen, bestimmt worden. Wie gross ist der Verlust des Gegners?

$$\alpha_2 = 3^0, \quad \alpha_1 = 2^{10/16}$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{1,7}{3 + 750 \operatorname{Tg}(3^0 - 2^{10/16})} = \frac{1}{6,5}$$

In einer Minute werden 15 Mann des Gegners ausser Gefecht gesetzt.

Die Verluste einer Tirailleurlinie (auf 2 Schr. 1 Mann) sind in allen Fällen 4 mal, und wenn diese noch ausserdem auf der Erde liegt, 8 mal geringer.

- 5) Unter denselben Verhältnissen feuert das Repetirgeschütz gegen eine 50 Schr. tiefe Infanteriecolonne.

$$\alpha_2 = 4^{4/16}, \quad \alpha_1 = 1^{9/16}$$

$$\text{Elevationswinkel auf 1000 Schr.} = \beta_1 = 2^{13/16}^\circ$$

$$,, \quad ,, \quad 1050 \text{ Schr.} = \beta_2 = 3^\circ$$

$$W = \frac{1}{2} \frac{1,7 + 750 \operatorname{Tg}(3^\circ - 2^{13/16})}{3 + \frac{1}{2} 750 \operatorname{Tg}(4^{4/16} - 1^{9/16})} = \frac{1}{10}$$

Durch 100 Schuss, also in einer Minute werden 10 Mann des Gegners ausser Gefecht gesetzt.

- 6) Ein Distanzemesser, der mit dem Maximalfehler von 5% misst, vergrößert den Effect um das 4fache.

c) Gesetze.

(Analog den Gesetzen für den gezielten Schuss der kleinen Feuerwaffe.)

Auf bekannte Distanz ist die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel (z. B. eine Geschützbedienung) zu treffen:

- 1) proportional der Trefffläche,
- 2) verkehrt proportional dem Streuungsrechteck,
- 4) verkehrt proportional dem Quadrate der Distanz.

Auf unbekannte Distanz ist die Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen:

- 1) proportional der Trefffläche,
- 2) verkehrt proportional der Breitestreuung, auf grössere Distanzen beinahe unabhängig von der Vertikalstreuung,
- 3) annähernd verkehrt proportional dem Cubus der Distanz.

Auf bekannte Distanz ist die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen:

- 1) proportional der ungedeckten Höhe der Linie,
- 2) verkehrt proportional der Vertikalstreuung,
- 3) verkehrt proportional der Distanz.

Auf unbekannte Distanz ist die Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen:

- 1) proportional der ungedeckten Höhe der Linie,
- 2) unabhängig von der Breitestreuung, auf grössere Distanzen auch nahezu unabhängig von der Vertikalstreuung in den gewöhnlichen Gränzen,
- 3) auf grosse Distanzen annähernd verkehrt proportional dem Einfallswinkel,
- 4) annähernd verkehrt proportional dem Quadrate der Distanz.

Die Verluste einer Truppenlinie sind verkehrt proportional der Dichte ihrer Aufstellung.

Alle genannten Gesetze sind theils selbstverständlich, oder ergeben sich leicht aus den Formeln.

II. Capitel.

Mittel, die Wirkung der Repetirgeschütze zu erhöhen.

Wir stehen erst am Anfange der Entwicklung dieser Waffe. Hier in wenig Worten die nächstliegenden Verbesserungen. Vor allem gehören an diese Geschütze Stahlbleichtafeln, welche wenigstens die Oberkörper der beiden Kanoniere gegen Infanteriefeuer decken. Weniger in Gefahr, werden sie besser und ruhiger bedienen.

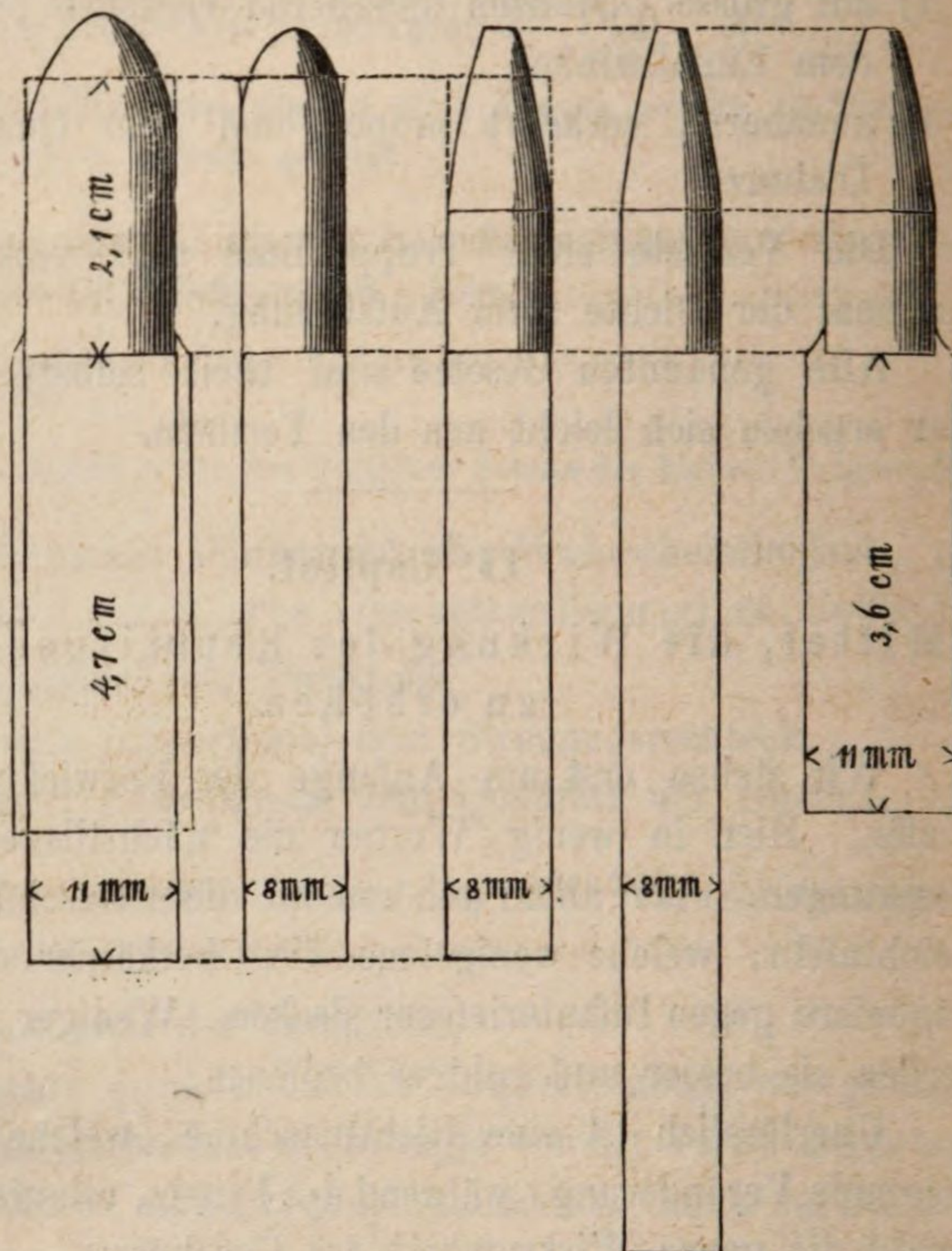
Unerlässlich ist eine Richtmaschine, welche eine fortwährende Veränderung, während des Feuers, erlaubt. Darauf beruht die ganze Wirksamkeit des Geschützes.

Ein eingelegtes Fernrohr, mit dem gezielt wird, erleichtert die Beobachtung und erhöht dadurch die Wirkung bedeutend.

Unerlässlich ist ferner eine Tragweite bis wenigstens 3000 Schr.

Man vergleiche folgende Patronen:

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
Gesch ssgew.	22,5 Gr	12,1 Gr	12,1 Gr	12,1 Gr	12,1 Gr
Ladung	4,3 Gr	2,3 Gr	2,3 Gr	3,45 Gr	3,45 Gr



A_1 Werderpatrone, Ladung und Geschoss auf das Kaliber 11 mm. reducirt. Das Geschoss entspricht einem Bleicylinder von 2,1 cm., die Ladung einem Cylinder von 4,7 cm. Höhe.

Werdergewehr: Entfernung vom Geschossboden bis zur Mündung 0,8 mm.

Entfernung	Elevationswinkel
400 Schr.	42'
600 „	1° 6'
800 „	1° 35'
1000 „	2° 8 1/2'
1200 „	2° 46 1/2'
1400 „	3° 32'

A_2 Patrone vom Kaliber 8 mm., die, nach dem Kaliber-gesetz, bei gleicher Entfernung vom Geschossboden bis zur Mündung, dieselben Elevationswinkel braucht.

A_3 Die Gewichtsverhältnisse der Patrone wie bei A_2 . Das Geschoss besser gebaut, so dass sein Luftwiderstand nur $\frac{3}{4}$ von dem des Projectils A_2 beträgt.

Nach dem Gesetz Seite 80 die Elevationswinkel für diese Patrone berechnet:

$$\frac{3}{4} : 1 = 42 : \alpha_1 = 400 : x_1 = (1^\circ 6') : \alpha_2 = 600 : x_2 \text{ etc.}$$

Entfernung	Elevationswinkel
533 Schr.	56'
800 „	1° 28'
1066 „	2° 7'
1333 „	2° 51'
1600 „	3° 42'
1866 „	4° 43'

A_4 Wenn die Ladung und die Entfernung des Geschossbodens von der Mündung im Verhältniss 2 : 3 grösser gemacht wird, als bei dem Werdergewehr, ändern

sich, nach dem Gesetz Seite 100, alle Elevationswinkel verkehrt in gleicher Proportion:

Entfernung	Elevationswinkel
533	39'
800	58 ² / ₃ '
1066	1° 31 ¹ / ₃ '
1333	1° 54'
1600	2° 28'
1866	3° 8' etc.

Alle Elevationswinkel sind kleiner als für die Granaten des gezogenen 6 pfünders und 4 pfünders.

A_5 Patrone für das Repetirgeschütz. Geschoss und Ladungsgewicht bleibt wie bei der Patrone A_4 , nur die Form ist in Rücksicht auf die Handsamkeit geändert.

Der Werth eines kleinen Kalibers für eine solche Waffe in Rücksicht auf den Munitionsverbrauch bedarf keines Beweises.

Mehr noch, als auf diesem Wege, kann durch ein Spiegelgeschoss, analog Seite 105, geleistet werden.

Eine andere Einrichtung darf nicht mit Stillschweigen übergangen werden. In mehreren Staaten sind die Repetirgeschütze der Infanteriepatrone angepasst, was durchaus zu missbilligen.

Die längere Bohrung der erstgenannten Waffe gestattet eine weit grössere Pulverladung zu verwerthen, dadurch an Tragweite und Flachheit der Bahn bedeutend zu gewinnen, Vortheile, die in jeder Gefechtslage zur Geltung kommen. Diese aufzugeben, damit gelegentlich auch Infanteriemunition verwendet werden kann, heisst mehrere der wichtigsten Faktoren, von welchen die Leistung einer Waffe abhängt, bei Seite setzen, um einen ganz untergeordneten Vortheil zu gewinnen.

Als wichtigster Grundsatz bei Beurtheilung des Mechanismus gilt folgendes:

Die Wirkung einer Feuerwaffe ist proportional der Feuergeschwindigkeit, alle Störungen mit in Rechnung gezogen.

III. Capitel.

Vergleich der verschiedenen Feuerwaffen.

- a. Vergleich der Feuerwirkung eines Repetirgeschützes mit der einer Infanterieabtheilung gegen eine zweigliedrige Infanterielinie auf unbekannte Distanz. (Die Feuergeschwindigkeit erstgenannter Waffe zu 100 Schuss, die der kleinen Feuerwaffe zu 6 Schuss in der Minute angenommen.)

Bahn und Normalstreuung bei beiden Feuerwaffen gleich, soll die Wirkung auf unbekannte Distanz, z. B. 400 Schr. verglichen werden.

Nach Seite 123 wird in diesem Fall von 5,5 gezielten Schüssen 1 Mann der gegenüberstehenden zweigliedrigen Infanterielinie ausser Gefecht gesetzt, also bei 100 Schüssen in der Minute 18 Mann getroffen.

Diess die Wirkung des Repetirgeschützes, weil mit diesem immer gezielt wird.

Anders bei dem Infanteriefeuer. Da bei der Mannschaft erfahrungsgemäss im Allgemeinen höchstens auf Anschlagen, nicht auf Zielen, gerechnet werden kann, beträgt, nach Seite 129, die nöthige Schusszahl, einen Gegner ausser Gefecht zu setzen, 31, achtzehn Mann zu treffen, 558 Schuss, welche von 93 Mann in einer Minute abgegeben werden.

Daraus folgt, dass durch das Feuer einer Repetirkanone in gleicher Zeit dasselbe geleistet wird, wie durch das Feuer von 90 Infanteristen.

Dabei sind jedoch mehrere Vortheile der erstgenannten Waffe nicht in Rechnung gezogen. Vor allem umspannt das Feuer derselben einen grösseren Kreis, wird eher wirksam, wenn der Gegner naht, dauert länger an, wenn er sich entfernt.

Wie steht es bei längerem Feuer? Schon nach der zweiten Minute wird das der Infanterie immer schlechter; die Mannschaft kann in Folge der Anstrengung nicht mehr anschlagen, und dann ist höchstens bei 300—400 Schüssen auf einen Treffer zu rechnen, weil immer zu hoch geschossen wird, während von dem Repetirgeschütz eher immer bessere Resultate zu erwarten.

Aus diesen Gründen ist oben genanntes Verhältniss zwischen den beiden Waffen noch zu günstig für die kleine Feuerwaffe.

In der Schlachtlinie ist immer die Concentration der Wirkung auf die entscheidenden Punkte die wichtigste Aufgabe. Diese Concentration wird durch räumliche Verhältnisse begränzt, weil auf gegebener Basis nur eine gewisse Truppenzahl zur Geltung gebracht werden kann. Das Maximum der Wirkung erreicht die Infanterie in zweigliedriger Stellung, bei gegebener Frontlänge das möglichst intensive Feuer. 90 Infanteristen in zwei Gliedern brauchen 45 Schr. Frontlänge, ein Repetirgeschütz höchstens 20, woraus zu schliessen, dass eine bestimmte Strecke der Schlachtlinie mit mehr als doppelter Feuerwirkung durch Repetirgeschütze im Vergleich zur Infanterie angegriffen und vertheidigt werden kann.

Weder Infanterie noch Cavalerie ist im Stande, durch directen Angriff im offenen Terrain eine mit Repetirgeschützen besetzte Linie zu nehmen, oder im Feuerbereich derselben ohne Deckung auszuhalten.

Die Begründung dieses Satzes liegt in obigen Bemerkungen.

- b. Vergleich der Feuerwirkung des Repetirgeschützes mit der des gezogenen 6 pfünders auf bekannte und unbekannte Distanz. (Das Repetirgeschütz feuert 100 Schuss, der 6 pfünder 1 Schuss in der Minute.)

Zusammenstellung aus den Beispielen.

Zieldistanz 1000 Schr.			
	Ziel	Zahl der Mannschaft, die von einem Geschütz in 1 Minute ausser Gefecht gesetzt wird	
		Bekannte Distanz	Unbekannte Distanz
		Doppelte Normalstreuung	Die Entfernung bei dem 6 pfd. mit Sprenggeschossen corrigirt, bei den Repetirkan. nur geschätzt
6 pf. Granatkart.	Ziel eine 2gliedrige Infanterielinie	5,3	1,3
6 pf. Granate		2	0,86
Repetirgeschütz		28	4
6 pf. Granatkart.	Ziel eine Infanteriecolonne von 40 Schr. Tiefe	40	Von 9 Schüssen ein directer Treffer, also Durchschnittsverlust = $\frac{1}{9} \cdot 40 = 4\frac{1}{2}$
6 pf. Granate		40	
Repetirgeschütz		60—80	10
6 pf. Granatkart.	Ziel eine Geschützlinie, 6 Mann auf 20 Schr. Frontlänge, Zwischenräume 20 Schritte. Zweite Linie und Protzen nicht in Rechnung gezogen	0,8	0,2
6 pf. Granate		0,3	0,12
Repetirgeschütz		7	1,2

Nach dieser Zusammenstellung ist eine Linie Repetirgeschütze im unmittelbaren Kampfe gegen eine Linie gezogener 6 pfünder sogar bei gleich viel Mannschaft an beiden Geschützen bedeutend im Vorthail; man braucht aber nur 2 Mann an erstgenannter Waffe statt 6, das Ziel ist also 4 mal kleiner, abgesehen davon, dass diese durch Blechtafeln gegen die Bleikugeleinlage der Granatkartätschen gedeckt werden können. An Demontiren der Repetirkanonen ist nicht zu denken: dazu würden bei 1000 Schr. bekannter Distanz 9 Schuss, also 9 Minuten (Seite 156), bei unbekannter Distanz 62 Schuss, also, ungerechnet das Einschiessen, mehr als eine Stunde nöthig sein, während im ersten Fall nach einer halben Minute, im zweiten nach 3 Minuten mehr als die Hälfte der Bedienungsmannschaft des Gegners ausser Gefecht gesetzt ist. Die Ueberlegenheit der Repetirgeschütze wird durch folgende Verhältnisse noch vermehrt. Ihre Leichtigkeit erlaubt eine bedeutende Patronenzahl an der Laffete unterzubringen, in Folge dessen die Protzen weit aus der Schusslinie, oder 200—300 Schr. rückwärts, aufgestellt werden können, wo sie leichter Deckung finden, oder doch geringeren Verlusten ausgesetzt sind. In welchem Zustande wird anderseits die 6 pfünder Bespannung, die dicht bei den Geschützen bleiben muss, nach einigen Minuten sein? Wichtiger noch ist folgendes: Die Repetirkanone ist ausgezeichnet durch die Einfachheit ihrer Anwendung. Nur vom Zielen zu reden, so wird diese schwierigste Aufgabe im Gefecht einmal ausgeführt und mit geringen Modifikationen eine grosse Zahl, oft alle Schüsse, gegen ein Zielobject ohne weitere Correctur abgegeben. Wie anders bei dem 6 pfünder. Es ist mit Gewissheit vorherzusehen, dass die Bedienung in dem furchtbaren Feuer eines Repetirgeschützes immer schlechter, oft gar nicht mehr, zielen wird.

Aus diesen Gründen ist die Wirkung der Repetirkanonen der der gezogenen 6 pfünder weit, gegen Truppenlinien mehr als das dreifache überlegen. Die 6 pfünder können auch nur in seltenen, sehr günstigen Fällen den Kampf gegen die Repetirgeschütze aufnehmen, der ausserdem gleichbedeutend ist mit Vernichtung ihrer Bespannung und Bedienung.

Es bleibt ihnen nur übrig, die grössere Tragweite zu benützen und sich über 1500 Schr. Distanz zu halten, wodurch sie aber den wichtigsten Theil ihrer Wirksamkeit einbüssen.

Ihre überlegene Tragweite beruht jedoch nur auf den unrichtigen Verhältnissen der bis jetzt bei den Repetirgeschützen angewendeten Patronen.

In einer Beziehung besitzt der 6 pfünder allerdings eine solche Ueberlegenheit, dass eigentlich von einem Vergleich keine Rede, gegen alle Arten leblose Ziele. Doch ist dagegen zu bemerken, dass in der Schlachtlinie meistens Truppen das Zielobject. Die Ausnahme anderer Verwendung kann nicht in die Waagschaale gelegt werden gegenüber Vorthellen in der regelmässigen Anwendung.

Als Begleiter der Repetirgeschütze können jedoch die 6 pfünder durch Einschiessen der Distanz den ersteren vortreffliche Dienste leisten.

Schluss.

Wir haben in der Einleitung die entscheidenden Faktoren der Kriegsleistung eines Volkes zusammengestellt. Das dort Gesagte soll jetzt vervollständigt werden.

Der Charakter eines Krieges wird durch das vorgesteckte Ziel, die beiderseitigen Streitmittel und das Terrain bestimmt. Die Geschichte zeigt uns darin eine unendliche Mannigfaltigkeit. Bleiben wir, unserer Aufgabe entsprechend, bei den europäischen Kriegen stehen, so knüpfen sich alle unsere kriegerischen Anordnungen auf die Annahme, dass der Gegner zum Frieden gezwungen ist, wenn seiner Hauptarmee eine empfindliche Niederlage beigebracht ist, wodurch es derselben unmöglich wird, die Eroberung ihrer Hauptstadt zu hindern. Damit ist das beiderseitige Ziel festgestellt. Die kurzen Verbindungslinien der europäischen Hauptstädte, die zahlreichen Transportmittel, begünstigen die rasche Entwicklung der Krise, fordern die äusserste Concentration der Kräfte und machen jede Diversion, bei einiger Massen ebenbürtigen Kräften, zur höchst gewagten Unternehmung.

Als Regel gilt, dass ein Krieg, mit kleineren Gefechten beginnend, zuletzt in einer oder mehreren grossen Schlachten, in der beide Theile alle Kräfte einsetzen, seinen Abschluss findet.

Die Stärke einer Armee kann durch die Frontlänge gemessen werden, die mit genügender Sicherheit besetzt

werden kann. Ueberlegenheit in dieser Richtung gestattet mit dem Ueberschuss an irgend einer Stelle entscheidende Vortheile zu gewinnen, und dadurch den Rückzug des Gegners zu veranlassen.

Grössere kriegerische Leistungsfähigkeit ist demnach gleichbedeutend mit grösserer gesicherter Frontlänge.

Die kriegerischen Mittel des Volkes bei Beginn des Krieges sind die gegebene Grundlage dieser Leistungsfähigkeit.

Die Faktoren, welche darauf Einfluss üben, äussern denselben theils im Laufe einer Reihe von Jahren, continuirlich wirkenden Kräften vergleichbar, theils im Gefechte selbst. Beschränken wir uns darauf, diejenigen zu erörtern, welche mit den militärischen Einrichtungen in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

1. Die materiellen Hülfsmittel des Volkes.

Je reicher und gebildeter ein Volk, desto eher wird es in Zeiten der Gefahr Opfer zu bringen im Stande sein. Die Entwicklung desselben in allen Richtungen ist aber vor allem von umfangreicher Production und geringer Steuerlast, also davon abhängig, dass von dem Einzelnen möglichst wenig Zeit und Geld zu unproduktiven Zwecken verwendet wird. Das Hinderniss der Nationalentwicklung durch die militärischen Einrichtungen wird in Folge seiner Continuität sehr bedeutend. Sein Einfluss folgt denselben Gesetzen, wie die constante negative Kraft.

Die Schonung der Kräfte des Landes im Frieden ist deshalb eine der wichtigsten militärischen Rücksichten.

Die unvermeidlichen Opfer, welche die Armee als militärische Schule des Volkes erfordert, mit diesem Grundsatz einiger Massen in Einklang zu bringen, welchem Staat in Europa wird die Lösung dieses Problems am besten gelingen? Jedenfalls sind die Vortheile, welche derselbe daraus ziehen wird, wohlverdiente Erfolge seiner höheren Intelligenz.

2. Zahl und Zustand der Truppen vor der Aktion.

Je vollständiger die Bevölkerung eines Landes zum Kriegsdienst vorbereitet und beigezogen wird, desto mehr kann geleistet werden.

Alle Mittel sind anzuwenden, möglichst wenig Kräfte vor dem Gebrauch zu absorbiren. Gute Marscheintheilung und Verpflegung sind entscheidend, nicht minder zweckmässige Bekleidung und geringe Belastung.

Nach dieser Bemerkung ist es beinahe Wortverschwendung, über Helm, Cravatte, engen Rock etc. zu sprechen. Diese Kleidung und Ausrüstung kostet circa 8% mehr Untaugliche bei der Aushebung, 5—10% mehr Kranke auf dem Marsch, unter Umständen 10—15% von der Ausdauer des Mannes im Gefecht. Eine gefährliche Epidemie könnte keinen grösseren Schaden zufügen.

3. Bewaffnung.

Der Einfluss der Bewaffnung bei allen Waffeneinheiten, deren Wirkung auf dem Feuergefecht ruht, besteht darin, dass die Frontlänge, welche mit einer bestimmten Zahl besetzt werden kann, proportional der Leistung der Waffe.

Dieser wichtige Satz bezeichnet in klarer einfacher Form den Vortheil, der auf diese Weise gewonnen werden kann.

4. Richtige Vertheilung der vorhandenen Kräfte auf die verschiedenen Waffeneinheiten.

Der Werth jeder Waffeneinheit ist um so grösser, je mehr dieselbe mittelbar oder unmittelbar zur Vernichtung des Gegners beiträgt, um so kleiner, je mehr kriegerische Mittel dieselbe absorbirt, wird also durch einen Bruch ausgedrückt, dessen Zähler die Leistung, dessen Nenner die verbrauchten Mittel.

Von allen Waffeneinheiten ist der Infanterist durch seine Verwendbarkeit in jedem Terrain ausgezeichnet. Ganze Länderstrecken gehören ausschliesslich dieser Waffengattung. Je offener dagegen das Schlachtfeld, je grössere Umsicht dasselbe gestattet, desto mehr gewinnen die grosse Feuerwaffe, besonders die Repetirgeschütze, eine gefährliche Ueberlegenheit.

Aehnlich wie dem Infanteristen Gebirge und Wald, gehört dem Cavaleristen die offene Ebene und Hügelland. Keine andere Truppengattung ist zu ausgedehnten Unternehmungen so befähigt, und viele Völker kennen nur diese Waffeneinheit. Aber gerade die wichtigsten Bedingungen ihrer Wirksamkeit sind in unseren Schlachten nicht erfüllt. Auf einem bedeutenden Theil des Terrains ist ihre Anwendung durch die Art der Cultur geradezu aufgehoben. Weit ausgedehnte Unternehmungen verbietet die Nothwendigkeit, seine Kräfte zu concentriren. Dazu kommt, dass der Angriff mit der blanken Waffe, gegenüber den jetzigen Feuerwaffen, beinahe unmöglich geworden ist.

Diese Verhältnisse zwingen, auf ein regelmässiges Eingreifen der Cavalerie in das Gefecht zu verzichten. Der Sicherheitsdienst ist jetzt ihr Feld; ihre weit vorgeschobenen Posten sind die Augen der Armee. Dazu braucht man keine so grosse Zahl, aber intelligente Offiziere, tüchtige Mannschaft, sehr gute Pferde und, fügen wir noch bei, eine vortreffliche Schusswaffe. Der Mangel an letzterer hat sich in diesem Feldzug oft genug fühlbar gemacht.

Der gezogene 6 pfünder besitzt weniger Beweglichkeit, als die Cavalerie, seine Bewegungen sind noch mehr durch das Terrain beschränkt, und die Mittel, welche diese Waffeneinheit beansprucht, sind sehr gross. Der Fehler wird durch seine Wirkung ausgeglichen, die eine sehr grosse Fläche umspannt, für grosse Truppenabtheilungen auf 2000 Schr. schon sehr gefährlich werden kann.

Im Vergleich dazu genügen wenige Worte, die enorme Ueberlegenheit der Repetirgeschütze zu constatiren. Diese Waffe leistet mehr als der 6 pfünder, und absorhirt höchstens den 3. Theil der Mittel, oder gleichbedeutend, kann mit demselben kriegerischen Capital in 3 mal grösserer Zahl beschafft werden.

Das wichtigste Resultat dieser Zusammenstellung besteht darin, *dass jede Waffeneinheit einen variablen Werth besitzt, abhängig einestheils von der Waffe, auf welche sie sich stützt, anderntheils von dem Terrain, so dass also jedes Schlachtfeld ein anderes Zahlenverhältniss der verschiedenen Waffeneinheiten fordert.*

Die Verbindungslinien der europäischen Hauptstädte bezeichnen unsere Schlachtfelder, fruchtbare reich bebaute Ebenen und Hügelländer, durchschnittlich von folgender Beschaffenheit:

8% dichter Wald mit Unterholz, nur für Infanterie gangbar;

8% lichter Wald für Infanterie und Cavalerie, aber nicht für Geschütze gangbar;

4% sumpfiges Terrain, nur für Infanterie gangbar, doch die Wirkung der grossen Feuerwaffe nicht ausschliessend.

30% Weinberge, Hopfengärten, eingehegtes Land, nur für Infanterie gangbar, doch die Wirkung der Artillerie nur wenig beeinträchtigend.

50% Wiesen und Felder, für alle Truppengattungen gangbar.

Bei einer Schlachtlinie in der Ausdehnung, wie sie den jetzigen Armeen entspricht, wird man am richtigsten ein Terrain in dem genannten Verhältniss voraussetzen und darauf seine Anordnungen stützen.

Rationelle Vertheilung der gebotenen Mittel fordert Ueberschuss an jener Waffeneinheit, deren Werth am höchsten steht. Dieses Verhältniss nicht beachtet, nur auf das Terrain Rücksicht genommen, ist das vorhandene zum unmittelbaren Kampf bestimmte lebende Material in folgender Weise zu vertheilen:

Das bedeckte Terrain (50%) gehört der Infanterie, wird mit dieser, 5 Mann auf jeden Schritt der Frontlänge besetzt.

Das offene Terrain (50%) gehört den Repetirkanonen und 6 pfündern, wird mit diesen auf je 20 Schr. 1 Geschütz, ausserdem, als Bedeckung, mit einem Infanteristen auf je 2 Schritt der Frontlänge besetzt, einzelne den Geschützen ungünstige Terrainobjecte zu nehmen oder zu halten.

Der Cavalerie, mit Repetirbüchsen bewaffnet, wird hauptsächlich der Sicherungsdienst übertragen, wozu die Zahl von $\frac{1}{15}$ der Infanteristen genügt.

Diese Eintheilung ergibt circa folgende Verhältnisse:

1000	Infanteristen, Combattanten, dazu nöthig	circa 1250 M.
70	Cavaleristen, „ „ „ „	100 „
8	Repetirgeschütze, dazu nöthig	90 „
1	Sechspfünder, dazu nöthig	33 „
		Summa 1473 M.

Eine Truppe von dieser Zahl und Zusammensetzung besetzt in der Schlachtlinie eine bestimmte Wegstrecke, ohngefähr von folgender Ausdehnung:

- 1) Wenn nur Infanterie verwendet werden kann,

$$\frac{1000}{5} = 200 \text{ Schr.}$$

- 2) In einem Terrain wie oben angegeben, mit 9 Geschützen und 90 Infanteristen 180 Schr., mit den übrigen 910 Infanteristen ebensoviel. Summa: 360 Schr.
- 3) Da die Repetirgeschütze mit Zwischenräumen von 40 Schr. eine Linie noch ebenso gut im Angriff und in der Vertheidigung besetzen, wie Infanterie, können sie in ganz offenem Terrain mit 180 Infanteristen eine Strecke von 360 Schr. und die übrigen 720 Infanteristen noch 144 Schr. einnehmen. Summa 504 Sch.

Bei einem Vergleich mit einer anderen Eintheilung ist als wichtigster Grundsatz festzuhalten, dass die gemeinsame Grundlage die nationalen Kriegsmittel, vor allem das vorhandene Menschenmaterial; ausgedehntere Verwendung desselben nach einer Richtung bedingt unerlässlich eine entsprechende Verminderung nach einer anderen.

Die gleiche Zahl von 1470 Mann zu Grunde gelegt, ist die jetzige Eintheilung etwa folgende:

985 Infanteristen, Combattanten, dazu nöthig circa	1230 M.
100 Cavaleristen, „ „ „ „	140 „
3 Sechspfünder, dazu nöthig	100 „
	<u>Summa 1470 M.</u>

Eine Truppe von dieser Zahl und Zusammensetzung besetzt in der Schlachtlinie:

- 1) Wenn nur Infanterie verwendet werden kann,

$$\frac{980}{5} = 196 \text{ Schr.}$$

- 2) In einem Terrain wie oben angegeben mit der Infanterie 196 Schr., mit 3 Gesch. 60 Schr. Summa: 260 Schr.

Die gleiche Strecke auch in ganz offenem Terrain.

Diese Zusammenstellung zeigt, dass mit denselben ursprünglichen Mitteln bei der erstgenannten Eintheilung eine weit grössere Frontlänge besetzt werden kann, zugleich ein Maasstab für die gewonnenen Vortheile.

Uebersicht.

Einleitung.

	Seite
Vergleich der Faktoren, von welchen der Erfolg auf dem Schlachtfelde abhängt, mit den kriegerischen Hülfsmitteln eines Volkes. Vergleich der Mittel, welche die verschiedenen Waffeneinheiten absorbiren. Einfluss der Bewaffnung auf die Kriegsleistung. Wichtigkeit der Waffenlehre als Grundlage der Taktik. Plan und Eintheilung der vorliegenden Waffenlehre	1

Abschnitt I.

Grundsätze der Dynamik, so weit sie zur Entwicklung der einfachsten ballistischen Regeln erforderlich.

I. Capitel.

Grundbegriffe, Gesetz vom Beharrungsvermögen der Körper, gleichförmig veränderte Bewegung	6
---	---

II. Capitel.

Arbeit der Kraft, lebendige Kraft, Begriff der mittleren Kraft	16
--	----

III. Capitel.

Wirkung und Gegenwirkung, Quantität der Bewegung . . .	20
--	----

IV. Capitel.

Das Parallelogramm der Geschwindigkeiten, Gesetz der relativen Bewegung, lebendige Kraft, welche durch die Arbeit mehrerer in einer Richtung wirkende Kräfte erzeugt wird	26
---	----

Abschnitt II.

Gesetze der parabolischen Theorie	40
---	----

Abschnitt III.

Gesetze der inneren und äusseren Ballistik.

I. Capitel.

Innere Ballistik.

	Seite
A. Spannung der Gase, Intensität der Pulverkraft an verschiedenen Punkten der Seele	47
B. Bewegungen während des Schusses, erzeugte Quantitäten der Bewegung	52
C. Verbrauchte Arbeit der Kräfte und erzeugte lebendige Kräfte, wenn das Geschoss die Mündung erreicht hat	55
a) Einfluss der Ladung auf die Anfangsgeschwindigkeit	59
b) Einfluss des Geschossgewichtes auf die Anfangsgeschwindigkeit	62
c) Züge, Drall, Rotationsgeschwindigkeit des Projectils	64

II. Capitel.

Äussere Ballistik.

a) Wirkung des Luftwiderstandes, Derivation	71
b) Gradlinige Bewegung eines Körpers im luftgefüllten Raume	73
c) Bewegung eines Körpers unter dem Einfluss der Schwere und des Luftwiderstandes	75
1. Abhängigkeit der Elevationswinkel von der Anfangsgeschwindigkeit	76
2. Zusammenhang zwischen Elevations- und Einfallswinkeln	77
3. Einfluss des Geschossgewichtes auf die Bahn	78
4. Einfluss der Form des Körpers auf den Luftwiderstand, Einfluss veränderten Luftwiderstandes auf die Bahn	82
5. Einfluss veränderten Luftwiderstandes und Geschossgewichtes, bei unveränderter Anfangsgeschwindigkeit, auf die Bahn	85
6. Mittel, den Luftwiderstand der Projectile zu vermindern	89
7. Bestimmung der Coordinaten der Bahn, der Einfallswinkel und der bestrichenen Räume aus den Elevationswinkeln	89

III. Capitel.

Combinationen der verschiedenen Gesetze der inneren und äusseren Ballistik.

1. Kalibergesetz	96
2. Einfluss der Ladung auf die Elevations- und Einfallswinkel	98

	Seite
3. Einfluss des Geschossgewichtes auf die Elevations- und Einfallwinkel	101
4. Einfluss proportional veränderten Geschossgewichtes und Luftwiderstandes auf die Elevations- und Einfallwinkel	103
5. Mittel, die Bahn der Geschosse flacher zu machen	104

Abschnitt IV.

Die kleine Feuerwaffe.

I. Capitel.

Detail.

A. Allgemeine Anforderungen an ein Rückladungsgewehr . .	107
B. Allgemeine Anforderungen an Patrone und Verpackung . .	109
C. Untersuchung einer Waffe in Bezug auf Raschheit des Feuers	111
D. Zusammenhang des Gewichtes der Waffe mit der Zahl angeschlagener Schüsse, welche der Mann nacheinander abgeben kann	113
E. Verschiedene Systeme der kleinen Feuerwaffe	115

II. Capitel.

Treffwahrscheinlichkeit, Verluste im Feuergesecht. — Einleitung.

A. Bestimmung des Streuungsmittelpunktes, des Streuungsrechtecks und der Elevationswinkel	116
B. Methode, die Treffwahrscheinlichkeit zu bestimmen; einwirkende Faktoren im Gefecht	121
1. Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze zielt, und die Distanz bekannt ist	122
a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen . .	122
b) Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen .	125
2. Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze zielt, die Distanz unbekannt ist	126
a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen . .	126
b) Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen .	130
3) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze nicht mehr zielt, aber noch anschlägt	131
4) Treffwahrscheinlichkeit, wenn der Schütze nicht mehr anschlägt	133

III. Capitel.

Seite

Zusammenstellung der Faktoren, welche die Leistung einer Infanterielinie im Feuergefecht bestimmen, Grundsätze für das Gewicht der Handfeuerwaffe, die Wahl des Systemes und des Calibers. — Darstellung der Verhältnisse, unter welchen eine Infanterielinie in der Regel in das Gefecht rückt; Nachweis, dass die Mannschaft im Gefecht in der Regel nicht zielt, oft nicht einmal anschlägt. — Unabhängigkeit der Verluste des Gegners vom Streuungskreis und der Flachheit der Bahn in den gewöhnlichen Gränzen; diese Verluste beinahe ausschliesslich abhängig von der Raschheit des Feuers und dem Gewicht der Waffe. — Zusammenstellung der gewonnenen Grundsätze 134

Abschnitt V.

Die grosse Feuerwaffe.

I. Capitel.

Allgemeine Anforderungen an ein Feldgeschütz.

a) Verschluss des Rohres	140
b) Munition und Verpackung	141
c) Die Laffete als Schiessgestell	141
d) Die Laffete als Theil eines Fahrzeuges	141

II. Capitel.

Das Feldgeschütz als Fuhrwerk.

a) Berechnung der nöthigen Zugkraft	142
b) Leistung des Pferdes im Tragen	145
c) Marschleistung eines zugleich tragenden und ziehenden Pferdes des 6-, 4- und 2spännigen Zuges; Anwendung der Resultate auf den Transport der Geschütze und Wagencolonnen, Fahren der Tornister der Infanterie, Gewinn an Marschleistung durch diese Massregel	148

III. Capitel.

Wahrscheinlichkeit des Treffens mit der grossen Feuerwaffe, Verluste des Gegners durch Artilleriefeuer.

A. Das Geschoss soll das Ziel vor seiner Explosion treffen	
1. die Zieldistanz ist bekannt	154
a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen . .	154

	Seite
b) Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen . . .	155
c) Wahrscheinlichkeit, eine Colonne zu treffen . . .	156
2. die Zieldistanz ist unbekannt; der Aufsatz wird mit Sprenggeschossen corrigirt, oder die Distanz mit einem Distanzmesser bestimmt	157
a) Wahrscheinlichkeit, ein kleines Ziel zu treffen . . .	157
b) Wahrscheinlichkeit, eine Truppenlinie zu treffen . . .	158
c) Wahrscheinlichkeit, eine Colonne zu treffen . . .	159
B. Das Geschoss soll durch seine Garbe wirken	
1. das Perkussionsgeschoss	160
Berechnung der Verluste einer 1000 Schritte entfernten Infanterielinie,	
a) wenn die Distanz bekannt	164
b) wenn die Distanz unbekannt	164
c) wenn nicht gezielt wird	165
d) Tabelle über die Verluste einer 1000 Schritte entfernten Infanterielinie durch Artilleriegeschosse . . .	166
2. das Tempirgeschoss	167
Tabelle über die Verluste einer 1000 Schritte entfernten Infanterielinie durch eine 6pfünder Tempirgranatkartätsche . . .	169
3. Vergleich des Perkussions- mit dem Tempirzünder . . .	170
C. Bemerkungen über einige Faktoren, von welchen zum Theil Streuung und Schussicherheit abhängig	
a) Höhenstreuung und Aufsatz sind abhängig	
1. von den Pulverladungen	171
2. vom Geschossgewicht	171
3. von der Temperatur	172
4. vom Barometerstand	173
5. vom Winde	174
b) Die Breitestreuung und die Seitenverschiebung ist abhängig	
1. von der Art und Weise, das Geschütz abzufeuern . . .	175
2. vom Winde	176
3. von der Genauigkeit der Visirstellung	176
D. Zusammenstellung der Gesetze über die Verluste des Gegners in Linienstellung durch die Garbe der Artilleriegeschosse . . .	
	176

IV. Capitel.

	Seite
Ueber die Mittel, die Wirkung der Geschütze zu erhöhen, inso- ferne dieselbe von der Ausrüstung, der Geschoss- und Ver- schlussconstruction abhängig	179

Abschnitt VI.

Die Repetirkanonen.

Kurze Charakteristik der bekannten Systeme	182
--	-----

I. Capitel.

Wahrscheinlichkeit des Treffens mit dem Repetirgeschütz; Verluste des Gegners.

a) Genau bekannte Distanz	184
b) Unbekannte Distanz	186
c) Zusammenstellung der betreffenden Gesetze	188

II. Capitel.

Mittel, die Wirkung der Repetirgeschütze zu erhöhen	189
---	-----

III. Capitel.

Vergleich der verschiedenen Feuerwaffen.

a) Vergleich der Feuerwirkung eines Repetirgeschützes mit der einer Infanterieabtheilung, gegen eine zweigliedrige Infanterie- linie auf unbekannte Distanz	193
b) Vergleich der Feuerwirkung des Repetirgeschützes mit der des gezogenen 6pfünders auf bekannte und unbekannte Distanz	195
Schlussfolgerungen	198

Schluss.

Charakter der europäischen Kriege; Masstab für die Stärke einer Armee; Einfluss der Bewaffnung auf diese; Charakteristik der verschiedenen Waffeneinheiten; richtiges Verhältniss der verschiedenen Waffeneinheiten.

Wichtigste Faktoren der Kriegszeitung, auf welche man Einfluss üben kann: 1) Zahl der Truppen, 2) Materielle Hülfsmittel des Volkes, 3) Zustand der Truppen vor der Aktion, 4) richtige Vertheilung der vorhandenen Kräfte.





Olivier, Julius von

Die Feuerwaffen und ihre Wirkung im Gefecht mit Rücksicht auf den Feldzug
1870/71 von Julius von Olivier Mit 46 Holzschnitten

München 1871

App.mil. 98 r

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10997332-2